



HIGOR OLIVEIRA
SOARES

**DESENVOLVIMENTO, APLICAÇÃO
E AVALIAÇÃO DE UM SERIOUS
GAME COMO FERRAMENTA
AUXILIAR AO ENSINO DE QUÍMICA**

Relatório de Dissertação de investigação do
Mestrado em Engenharia de Software

**Doutor, Fausto José da Silva Valentim
Mourato**

Mestre, Jorge Aikes Junior

Doutor, Jaime da Costa Cedran

Novembro, 2018

HIGOR OLIVEIRA
SOARES

**DESENVOLVIMENTO, APLICAÇÃO
E AVALIAÇÃO DE UM SERIOUS
GAME COMO FERRAMENTA
AUXILIAR AO ENSINO DE QUÍMICA**

JÚRI

Presidente: Doutor, Cláudio Miguel Garcia Loureiro
dos Santos Sapateiro, Instituto Politécnico de
Setúbal

Orientador: Doutor, Fausto José da Silva Valentim
Mourato, Instituto Politécnico de Setúbal

Vogal: Doutora, Martinha do Rosário Fonseca
Piteira, Instituto Politécnico de Setúbal

Novembro, 2018

*À minha família pelo seu amor e apoio, ao Jorge
pelos seus sábios conselhos, ao Nathan por sempre
querer me ajudar e ao Pedrinho que esteve do meu
lado o tempo todo e sem ele provavelmente teria
enlouquecido.*

Agradecimentos

Ao Jorge Aikes, Fausto Mourato e ao Jaime Cedran pelo tempo e orientação para a realização deste trabalho; à Universidade Tecnológica Federal do Paraná, por disponibilizar a bolsa para auxiliar o desenvolvimento da plataforma; ao Angelo por seu ótimo trabalho e senso crítico e ao Núcleo Centro de Ensino, qual se disponibilizou para divulgar o trabalho.

Resumo

O desinteresse e falta de atenção dos estudantes é muito comum no processo de aprendizagem. A Química é uma ciência que demanda atenção e abstração para entender muitos de seus conceitos envolvendo entidades microscópicas, aspecto suscetível a intensificar o desinteresse como também desincentivar o aprendizado. Os jogos, todavia, se aplicados a um contexto de ensino, tornam-se uma maneira eficaz de incentivar o aprendizado. Na tentativa de motivar e tornar o aprendizado divertido, a plataforma do “Mundo da Química” foi desenvolvida para ser utilizada como uma ferramenta de teste de conhecimento em Química. O desenvolvimento da plataforma constou com um Game Design focado no contexto de ensino e baseado no MDA Framework e na técnica de Brainstorming para o amadurecimento de sua estrutura. Para a análise do impacto motivacional e lúdico proporcionado pela plataforma, foi realizada uma aplicação com a participação de 50 voluntários, na qual relataram sua experiência utilizando o jogo. Comprovando ser uma boa ferramenta para diversificação e auxílio em química, a plataforma demonstrou motivar e divertir a maioria dos participantes, independentemente de sua experiência em jogos, perfil de jogador e conhecimento em Química.

Palavras-chave: Serious Games, Ensino lúdico, Jogos Educativos, teste de conhecimento lúdico.

Abstract

The student's lack of interest and focus is very common in the learning process. Chemistry is a science which demands attention and abstraction to understand concepts involving microscopic entities, aspects which may intensifies the disinterest and discourage learning. However the games, if applied in a teaching context, become an efficient way to encourage the learning. In order to encourage and make learning fun was developed the "World of Chemistry", a platform to be used as a knowledge test of Chemistry. The development of the platform was consisted on a Game Design focused on the teaching context and based on MDA Framework and Brainstorming technic to mature its structure. To analyze the motivational and playfull impact provided by the platform, was realized the application with 50 volunteers, which had reported their experience playing the game. Proving be a good tool to diversificate and help the teaching, the platform demonstrated encourage and amuse the majority of the participants, regardless of their experience in games, player profile and knowledge in Chemistry.

Keywords: Serious Games, Playfull teaching, Educational Games, Playfull knowledge test.

Índice

Agradecimentos	iv
Resumo	v
Abstract	vi
Índice.....	vii
Lista de Figuras.....	x
Lista de Tabelas	xiii
Lista de Siglas e Acrónimos	xv
Capítulo 1.....	1
Introdução.....	1
1.1. Motivação.....	2
1.2. Objetivos Geral e Específicos	2
1.3. Justificativa	3
Capítulo 2.....	4
Referencial Teórico.....	4
2.1. Química Orgânica	5
<i>2.1.1. Isômeros e Teoria Estrutural.....</i>	<i>5</i>
<i>2.1.2. Ligações Químicas.....</i>	<i>7</i>
<i>2.1.3. Geometria das Ligações</i>	<i>8</i>
2.2. Teoria de Jogos.....	10
<i>2.2.1. Teoria do Flow.....</i>	<i>13</i>
<i>2.2.2. MDA Framework.....</i>	<i>14</i>
<i>2.2.3. Mecânicas de jogo</i>	<i>15</i>
2.3. Serious Games	17
<i>2.3.1. Serious Games no processo de aprendizagem.....</i>	<i>18</i>
Materiais e Métodos.....	20
3.1. Game Design	21
3.2. Implementação	21
3.3. Testes do jogo.....	23
3.4. Aplicação e Avaliação.....	24

Capítulo 4	26
Desenvolvimento	26
4.1. Planejamento e Desenvolvimento	27
4.1.1. <i>Aplicação do MDA Framework</i>	27
4.1.1.1. <i>Sensibilização</i>	27
4.1.1.2. <i>Imersão no ambiente</i>	28
4.1.1.3. <i>Progresso</i>	29
4.1.1.4. <i>Perigo</i>	30
4.1.1.5. <i>Conquista</i>	30
4.1.2. <i>Desafios</i>	31
4.1.2.1. <i>Pergunta e Resposta</i>	33
4.1.2.2. <i>Encaixe</i>	35
4.1.2.3. <i>Impacto</i>	38
4.1.2.4. <i>Activators e Actuators</i>	39
4.1.3. <i>Fases</i>	41
4.1.3.1. <i>Minas Lewis</i>	41
4.1.3.2. <i>Aeris</i>	45
4.1.4. <i>Tutoriais</i>	48
4.1.5. <i>Heads-up displays</i>	50
4.1.6. <i>Menu</i>	51
Capítulo 5	54
Aplicação e Resultados	54
5.1. Amostra	55
5.2. Experiência	56
5.3. Jogabilidade	59
5.4. Narrativa	61
5.5. Mecânicas	61
5.6. Desafios	65
5.7. Aplicabilidade	70
Capítulo 6	71
Considerações Finais	71
6.1. Conclusão	72
6.2. Futuros trabalhos	73
Bibliografia	75

Anexo I	A.1
Questionário da Aplicação	A.1

Lista de Figuras

Figura 2.1 – Exemplo de Isômeros funcionais.....	5
Figura 2.2 – Exemplo de Isômeros de cadeia.	6
Figura 2.3 – Exemplo de Isômeros de posição.....	6
Figura 2.4 – Exemplo de Isômeros de compensação.....	6
Figura 2.5 – Exemplo de Isômeros de tautomeria.	7
Figura 2.6 – Exemplo de Isômeros geométricos.	7
Figura 2.7 – Ligação iônica do Cloreto de Sódio.	7
Figura 2.8 – Ligações covalentes.	8
Figura 2.9 – Diferentes representações do Tetracloreto de Carbono.....	9
Figura 2.10 – Geometria dos Pares de Elétrons (extraído de [Brown et al, 1999]).	10
Figura 2.11 – Representação da amônia (extraído de [Brown et al, 1999]).	10
Figura 2.12 – Tipos de jogadores de Bartle (adaptado de [Zichermann; Cunningham, 2011]).	12
Figura 2.13 –Teoria do flow (adaptado de [Zichermann e Cunningham, 2011]).	13
Figura 4.1 – Exemplos de imagens utilizadas nas Cinemáticas.....	28
Figura 4.2 – Notificação de novo troféu adquirido.	32
Figura 4.3 – Tela de conquistas do Menu.	32
Figura 4.4 – Desafio de Pergunta e Resposta na abordagem de alavanca.	34
Figura 4.5 – Desafio de Pergunta e Resposta na abordagem de isomeria.	34
Figura 4.6 – Representação de um átomo.	35
Figura 4.7 – Totens de encaixe.	36
Figura 4.8 – Desafio de encaixe na abordagem de eletronegatividade.....	36
Figura 4.9 – Desafio de encaixe na abordagem de tipos de ligação.	37
Figura 4.10 – Desafio de encaixe na abordagem de geometria molecular.....	37
Figura 4.11 – Objetos de impacto.....	38
Figura 4.12 – Painel de seleção das runas.....	39

Figura 4.13 – Mapa do primeiro nível de Mina Lewis.....	42
Figura 4.14 – Mapa do segundo nível de Mina Lewis.	42
Figura 4.15 – Mapa do terceiro nível de Mina Lewis.....	44
Figura 4.16 – Mapa do último nível de Mina Lewis.	44
Figura 4.17 – Objeto 3D do Portal.....	45
Figura 4.18 – Mapa do primeiro nível de Aeris.....	46
Figura 4.19 – Mapa do segundo nível de Aeris.....	46
Figura 4.20 – Mapa do último nível de Aeris.	47
Figura 4.21 – Desafio da placa rotatória.	48
Figura 4.22 – Tutorial de apresentação do desafio de alavanca	49
Figura 4.23 – Janela de observação quanto à variação do desafio de encaixe.....	49
Figura 4.24 – Disposição das HUDs na visão do jogador	51
Figura 4.25 – Menu inicial.	52
Figura 4.26 – Menu de seleção de fases.	52
Figura 4.27 – Indisponibilidade da fase de Aeris.....	52
Figura 5.1 – Experiência lúdica da plataforma em termos gerais.....	57
Figura 5.2 – Experiência no quesito lúdico em participantes com hábito de jogar.	58
Figura 5.3 – Experiência no quesito lúdico em participantes sem hábito de jogar.	58
Figura 5.4 – Experiência anterior com Serious Games dos participantes experientes em Serious Games.....	59
Figura 5.5 – Experiência com o Mundo da Orgânica nos participantes experientes em Serious Games.....	59
Figura 5.6 – Relatos da jogabilidade da plataforma na perspectiva de hábito em jogar.	60
Figura 5.7 – Efeito motivacional da narrativa para conclusão dos objetivos na perspectiva de hábito em jogar.	62
Figura 5.8 – Efeito motivacional da narrativa para conclusão dos objetivos nas perspectivas de perfis de jogador.....	62
Figura 5.9 - Quantidade de participantes que prestaram ou não atenção nos troféus na perspectiva de hábito em jogar.....	64
Figura 5.10 - Quantidade de participantes que prestaram ou não atenção	

nos troféus nas perspectivas de perfis de jogador.	64
Figura 5.11 – Satisfação da diversidade dos desafios da plataforma por hábito de jogo.	65
Figura 5.12 – Satisfação da diversidade dos desafios da plataforma por perfil de jogador.	66
Figura 5.13 - Nível lúdico do desafio de encaixe na perspectiva de hábito em jogar.	68
Figura 5.14 - Nível lúdico do desafio de encaixe nas perspectivas de perfis de jogador.	68

Lista de Tabelas

Tabela 4.1 – Distintivos.....	31
Tabela 4.2 - Activators.	40
Tabela 4.3 - Actuators.....	40
Tabela 5.1 – Sub-áreas de conhecimento dos participantes.	55
Tabela 5.2 - Nível de escolaridade dos participantes.....	56
Tabela 5.3 - Hábito de jogar dos participantes.....	56
Tabela 5.4 – Relato da experiência com Serious Games do Participante e de sua turma.	56
Tabela 5.5 – Apreciação do quesito lúdico por perfil de jogador.....	57
Tabela 5.6 – Apreciação da plataforma por participantes sem experiências em Serious Games.	Error! Bookmark not defined.
Tabela 5.7 – Jogabilidade da plataforma em termos gerais.....	60
Tabela 5.8 – Aprovação da narrativa por hábito de jogo.....	61
Tabela 5.9 – Apreciação da narrativa por perfil de jogador.....	61
Tabela 5.10 – Nível de motivação na mecânica de pontuação por perfil de jogador.	63
Tabela 5.11 – Apreciação da mecânica de pontuação por perspectiva.	63
Tabela 5.12 – Apreciação da mecânica de troféus por perfil de jogador.	63
Tabela 5.13 – Nível de motivação na mecânica de troféus por perfil de jogador.	63
Tabela 5.14 - Quantidade de participantes motivados a retornar à fase para conquistar os troféus por perfil de jogador.	65
Tabela 5.15 – Apreciação por desafio na perspectiva geral.	66
Tabela 5.16 – Nível de ludicidade por desafio em perspectiva geral.	66
Tabela 5.17 – Ganho de apreciação do uso do DPR aplicado no desafio de rotação.	67
Tabela 5.18 – Apreciação do desafio de encaixe em cada perspectiva.....	68
Tabela 5.19 – Aprovação em perspectiva geral do desafio de encaixe	

baseado em moléculas.....	69
Tabela 5.20 – Apreciação do desafio de Runas em cada perspectiva.....	69
Tabela 5.21 – Nível lúdico do desafio de Runas em cada perspectiva.	69

Lista de Siglas e Acrónimos

2D	Bidimensional
3D	Tridimensional
API	Interface de Programas de Aplicação
DPR	Desafios de Perguntas Respostas
HUD	<i>Heads-up Display</i>
IDE	Ambiente de Desenvolvimento Integrado
IHC	Interação Humano-Computador
RPECV	Repulsão dos Pares de Elétrons da Camada de Valência

Capítulo 1

Introdução

Neste capítulo é apresentado o estudo proposto por meio de uma contextualização no problema do ensino regular em química no ensino superior e fundamental. Em seguida são apresentados os objetivos geral e específicos e a justificativa para a realização do estudo.

1.1. Motivação

A química é praticada a todo instante. Cada ação cotidiana é carregada por reações químicas invisíveis aos olhos, característica que se torna um obstáculo aos estudantes. Essa ciência trabalha com situações cujas explicações em sua maioria envolvem entidades microscópicas e, pela inviabilidade de navegar neste mundo infinitamente pequeno, requer um grande grau de abstração de seus alunos (De Quadros et al., 2011).

Cabe ao professor uma abordagem que simplifique essa abstração de forma a atrair a atenção do aluno, contudo, uma parcela considerável não aborda novas metodologias, tornando tal pensamento divergente da realidade (Galiazzi; Moraes, 2002) e é comprovado pelo baixo desempenho dos alunos em química nos exames oficiais, tais como Enade, Enem e Vestibulares (De Quadros et al., 2011).

De Quadros et al. (2011) levantou em seu estudo que o baixo desempenho está ligado aos materiais didáticos ruins, no desinteresse dos alunos, concordando com Laranjeira et al (2014) e Aparecida et al. (2009), e na falta de preparação dos professores em diversificar as aulas. Com o fácil acesso a dispositivos multimídia, há uma variedade de novas metodologias a serem exploradas em sala de aula, tais como vídeos, softwares e jogos (Santos et al., 2013).

Nos últimos anos nota-se uma maior presença de elementos lúdicos na educação. Os chamados Serious Games, jogos criados com algum contexto de aplicação, seja educacional ou profissional, têm sido aplicados nas mais diversas áreas com o objetivo de trazer de volta o interesse e ânimo de seus públicos alvo.

Um Serious Games pode ser enquadrado em qualquer área. Na área da Fisioterapia, como exemplo, tem-se a Gameterapia: a prática de uma terapia com o uso de um jogo que permite a imersão de um paciente, por meio da ferramenta de captura de movimentos, o Kinect, e desta forma realizar a sessão sem o paciente se dar conta da mesma (Alflen et al., 2016).

Na química, a aplicação de um Serious Game pode trazer a atenção dos alunos e também permitir, por meio de recursos de realidade virtual, ampliar e representar ambientes e elementos de tamanho atômico. Desta forma, torna-se possível a visualização das estruturas microscópicas de forma tridimensional, diminuindo o grau de abstração da realidade.

1.2. Objetivos Geral e Específicos

A este estudo, tem-se como objetivo geral o desenvolvimento, a aplicação de um Serious Game com âmbito de aprendizado em conteúdo parcial de química e a análise da usabilidade e do desempenho lúdico e motivacional deste como material auxiliar ao ensino de química. Os

objetivos específicos para atingir esta meta são:

- Desenvolver o Game Design a partir do contexto do Serious Game;
- Utilizar o Framework MDA para auxiliar o Game Design;
- Desenvolver uma plataforma lúdica no Unity 3D;
- Aplicar Testes de Usabilidade para análise do desempenho do jogo;
- Aplicar a plataforma com estudantes voluntários;
- Avaliar por meio de questionários o desempenho dos alunos com um jogo como ferramenta complementar.

1.3. Justificativa

O desinteresse e déficit de atenção são dois dos fatores mais recorrentes no meio do ensino e, Leal et al. (2011) mostra em sua pesquisa que um número não desprezível de 20% dos alunos do ensino universitário indicaram não saberem conceitos básicos de química orgânica.

Cedran (2015) em sua pesquisa envolvendo 25 alunos matriculados no curso de Licenciatura em Química, por meio de um questionário, analisou que a maioria dos participantes não compreendem bem as relações existentes entre as propriedades dos compostos orgânicos a interação entre as moléculas e também não demonstraram boa compreensão na relação entre as estruturas e propriedades dos compostos orgânicos e suas representações espaciais.

De acordo com Paulozzi (2015), o entretenimento interativo desenvolve nos alunos o pensamento crítico e melhoram suas habilidades de leitura e compreensão, bem como promovem o desenvolvimento social. Em conjunto ao pensamento de Henry Jenkins, Paulozzi (2015) afirma que a característica imersiva dos jogos encorajam os estudantes a tomar riscos frente ao medo de fracassar. Portanto, introduzir atividades lúdicas às aulas é de grande importância pois os alunos são envolvidos emocionalmente e isso acaba por tornar o ensino mais fácil e dinâmico (Lima et al., 2011).

Acredita-se que o uso de Serious Games possa melhorar o processo de aprendizado em todas as áreas da educação e busca-se por meio deste trabalho, desenvolver uma ferramenta gratuita de fácil disponibilidade que estimule o ensino em química e incetive o uso de jogos como material de apoio aos estudantes como também novas pesquisas na área.

Capítulo 2

Referencial Teórico

Neste Capítulo é apresentado todo o referencial teórico no qual o estudo é embasado, iniciando com o conteúdo de química a ser utilizado nos desafios da plataforma, a teoria dos jogos que permitiu o desenvolvimento da plataforma e suas melhorias e uma contextualização dos serious games no processo de aprendizagem.

2.1. Química Orgânica

Em sua primeira definição, a química foi dividida entre orgânica e inorgânica, sendo a primeira, na época, compreendida como a química nas quais os compostos eram providos de fontes vivas e a segunda de fontes não vivas, crença denominada “Vitalismo”. Anos depois Friedrich Wöhler conseguiu sintetizar o composto orgânico “amônia” a partir do cianato de amônio, um composto inorgânico, e dessa forma iniciaram-se os questionamentos os questionários a respeito do Vitalismo (Solomons; Fryhle, 2012).

2.1.1. Isômeros e Teoria Estrutural

Na química, compostos podem ser representados por sua fórmula molecular, a qual apresenta os átomos e suas respectivas quantidades no composto. Desde a antiguidade questionava-se como dois componentes, de propriedades diferentes, possuem a mesma fórmula molecular e, com a teoria estrutural, pode-se diferenciar esses compostos denominados isômeros (Solomons; Fryhle, 2012).

São diversos os tipos de isomeria e podem ser divididos em dois grupos gerais: os compostos com isomeria do tipo plana e os com do tipo espacial. É possível diferenciar os isômeros planos analisando sua estrutura em plano bidimensional (2D), como demonstrado na Figura 2.1, já os isômeros espaciais necessitam da análise de sua estrutura espacial.

De acordo com Nery et al. (2014), a isomeria plana pode ser subdividida como:

Isomeria de função: Pertencem a funções orgânicas diferentes, tais como: álcool e éter; aldeído e cetona;

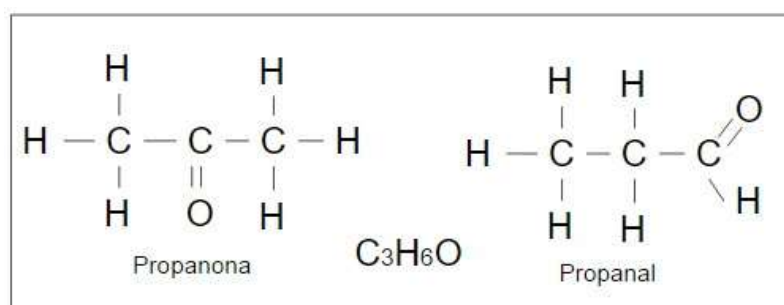


Figura 2.1 – Exemplo de Isômeros funcionais.

Isomeria de cadeia: Contém a mesma função, contudo o arranjo de sua cadeia é diferente, como demonstrado na Figura 2.2;

Isomeria de posição: Apresentam uma diferente posição de uma função orgânica, uma ramificação ou de suas ligações duplas ou triplas. Exemplificado na Figura 2.3;

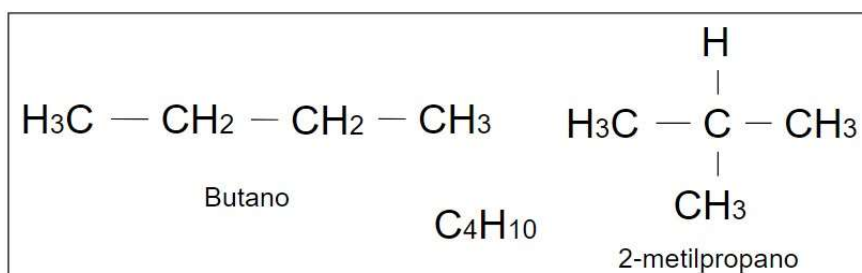


Figura 2.2 – Exemplo de Isômeros de cadeia.

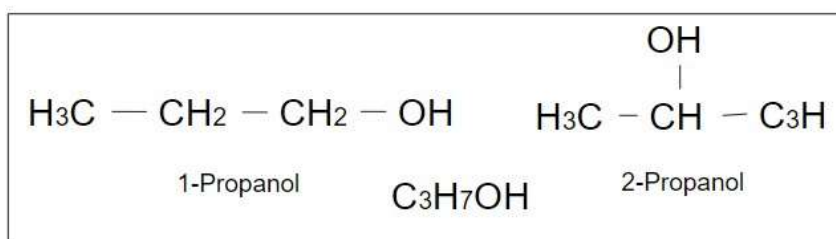


Figura 2.3 – Exemplo de Isômeros de posição.

Isomeria de compensação: Nesta, abrange-se a diferença da posição do heteroátomo (um átomo diferente de carbono e hidrogênio), como demonstrado na Figura 2.4;

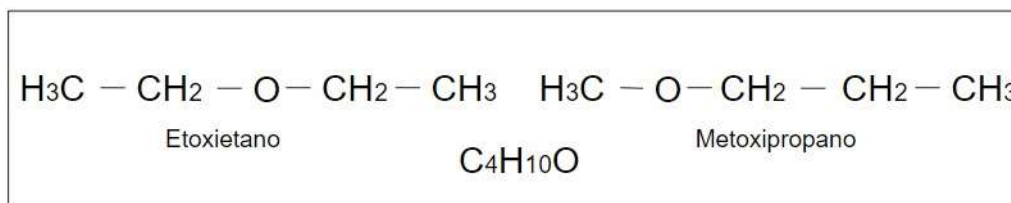


Figura 2.4 – Exemplo de Isômeros de compensação

Isomeria dinâmica (Tautomeria): É um caso especial dos isômeros de função que ocorre quando uma ligação de um átomo é deslocada para um átomo vizinho e consequentemente sua função é transformada em outra. Esta isomeria pode ser visualizada na Figura 2.5.

A isomeria geométrica é parte do conjunto de isômeros do tipo espacial e ocorre em compostos cíclicos ou que possuem ligações duplas em átomos de carbono. Ao terem uma alteração da disposição dos grupos ligados aos carbonos, em referência a um plano, formam isômeros. Este tipo de isomeria não é possível em ligações simples devido a característica destas não permitirem que os grupos ligados aos elementos ligantes rotacionem. (Nrey et al., 2014). Um exemplo de isomeria geométrica pode ser analisado na Figura 2.6, onde o plano é a linha pontilhada. Seguindo o exemplo da figura, quando o grupo de cloro está no mesmo lado do plano, a isomeria é denominada cis, caso contrário trans.

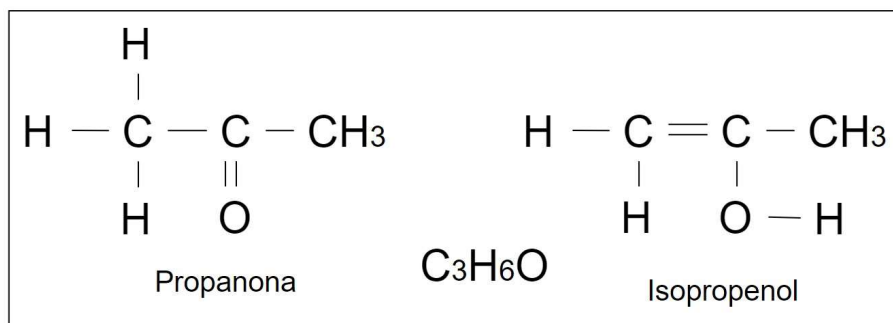


Figura 2.5 – Exemplo de Isômeros de tautomeria.

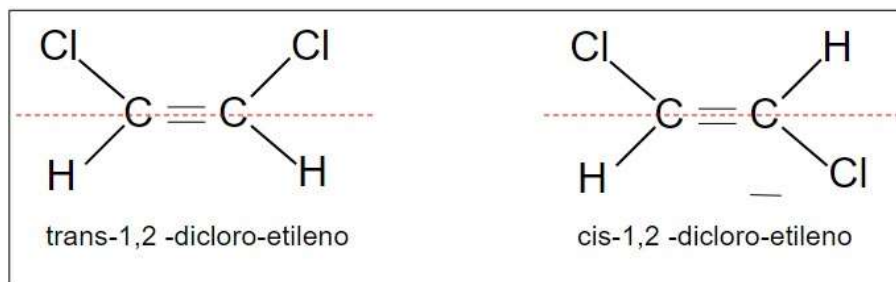


Figura 2.6 – Exemplo de Isômeros geométricos.

A necessidade de conhecer o arranjo dos átomos no espaço, junto com o entendimento da ordem na qual estão ligados, é importante para o entendimento da química orgânica (Solomons; Fryhle, 2012). Dessa forma, na subseção seguinte serão abordados os conceitos de ligações químicas.

2.1.2. Ligações Químicas

Os gases nobres são elementos mais estáveis e com pouca afinidade por novos elétrons. Geralmente outros átomos tendem a buscar a configuração de um gás nobre para se tornarem estáveis (Brown et al., 1999), e menos suscetíveis a se separar (Solomons; Fryhle, 2012).

Quando dois átomos interagem e há diferenças muito grandes de atração, o átomo com menor atração tende a ceder elétrons para outro átomo e desta forma tornarem-se partículas chamadas íons realizando uma ligação iônica (Brown et al., 1999). Íons que cedem elétrons são denominados cátions e íons que recebem elétrons, ânions, representados pelos respectivamente símbolos “+” e “-”, como mostra a Figura 2.7.



Figura 2.7 – Ligação iônica do Cloreto de Sódio.

A camada de valência é a mais externa das camadas de um átomo e também responsável por manter os elétrons que participam das ligações químicas, denominados elétrons de valência. Como a maioria dos átomos precisam de apenas 8 elétrons de valência para atingir sua configuração de gás nobre, foi definida a Regra do Octeto. Um átomo que concorde com a regra, ao preencher sua camada de valência, este ficará com a configuração de gás nobre. É importante enfatizar que nem todos os elementos obedecem essa regra (Solomons; Fryhle, 2012).

A eletronegatividade é a característica de atração dos elétrons por parte da partícula, onde quanto mais eletronegativo for um elemento, maior será sua facilidade em atrair elétrons (Brown et al., 1999). Se dois átomos interagem e não há diferenças muito grandes de atração, existe um compartilhamento de elétrons em uma ligação denominada covalente e pode ser representada utilizando a Estrutura de Lewis, como na Figura 2.8 (a) (Solomons; Fryhle, 2012). Um íon pode também realizar ligações covalentes como também existir mais de um compartilhamento dos elétrons entre dois átomos, formando ligações duplas ou triplas, demonstradas nas Figuras 2.8 (b) e 2.8 (c) respectivamente (Brown et al., 1999).

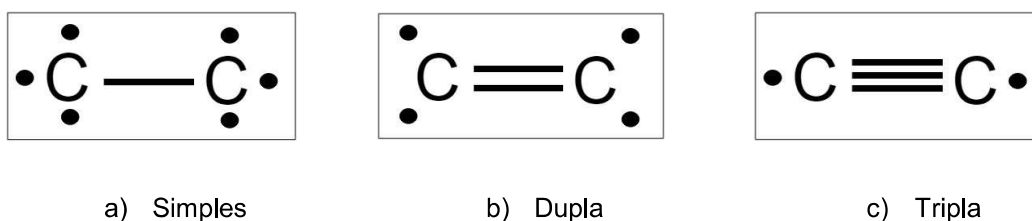


Figura 2.8 – Ligações covalentes.

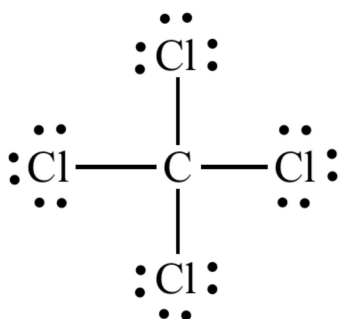
A polaridade é um conceito da química que descreve a forma como os elétrons são divididos nas ligações: uma ligação covalente apolar é caracterizada pelo compartilhamento igual dos elétrons, um exemplo é uma ligação entre dois elementos iguais, diferentemente da polar, na qual um elétron é mais atraído por um dos átomos sem deixar de ser um compartilhado entre os dois átomos, como na molécula de ácido clorídrico (Brown et al., 1999).

Partindo do pressuposto que as características de uma molécula podem ser alteradas de acordo com sua organização no espaço tridimensional (3D), a subseção seguinte abordará o conceito da Geometria das Ligações.

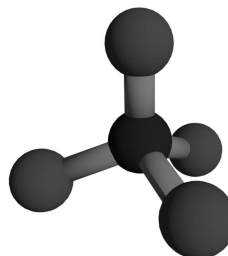
2.1.3. Geometria das Ligações

Em uma visão educacional, a Estrutura de Lewis é interessante para representar as ligações da molécula. Nesta representação, a estrutura é composta pelos átomos e suas ligações apresentadas de forma planar, como demonstrado no exemplo do Tetracloreto de Carbono nas Figuras 2.9 (a) e 2.9 (b). Entretanto, a Estrutura de Lewis, por ser restrita ao plano bidimensional, não é eficiente para demonstrar a real geometria da molécula, qual é

determinada pelo ângulo entre suas ligações e os comprimentos de cada uma (Brown et al., 1999).



a) Estrutura de Lewis



b) Dispersão espacial

Figura 2.9 – Diferentes representações do Tetracloreto de Carbono.

Quando uma molécula tem sua fórmula molecular do tipo AB_n , sendo A um elemento representativo e tendo uma quantidade “n” de elementos B ligantes, é possível prever a forma das moléculas por meio do correspondente seu Modelo da Repulsão dos Pares de Elétrons da Camada de Valência (RPECV). Os elétrons têm a característica de repulsão entre si e quando há interação entre átomos, os pares de elétrons em um compartilhamento tendem a ficar o mais afastado possível dos outros pares. Dessa forma, uma maneira intuitiva de demonstrar o RPECV é amarrar bexigas (Brown et al., 1999). Exemplifica-se na Figura 2.10, onde o ponto central é o elemento representativo e os pares de elétrons são as “bexigas” ao redor dele.

Em uma molécula, há casos onde nem todos os pares de elétrons estarão ligados. Denomina-se Geometria dos Pares de Elétrons a geometria responsável por representar moléculas com pares de elétrons não ligados. Esses pares são atraídos pelos núcleos dos átomos já ligados à molécula e exercem uma força de repulsão ainda maior que as próprias ligações (Brown et al., 1999). Tem-se a amônia como exemplo, qual sua configuração no espaço 3D é demonstrada na Figura 2.9 (b) e sua Estrutura de Lewis na Figura 2.9 (a). Insaturações (Ligações duplas ou triplas) exercem forças mais intensas na Geometria da Molécula em vista da ligação simples.

Os conceitos de química trabalhados nesta seção contemplam os enredos utilizados nos desafios da plataforma deste estudo. Para prosseguir ao desenvolvimento da plataforma, é necessário entender alguns dos conceitos de jogos, quais serão abordados na seção seguinte.

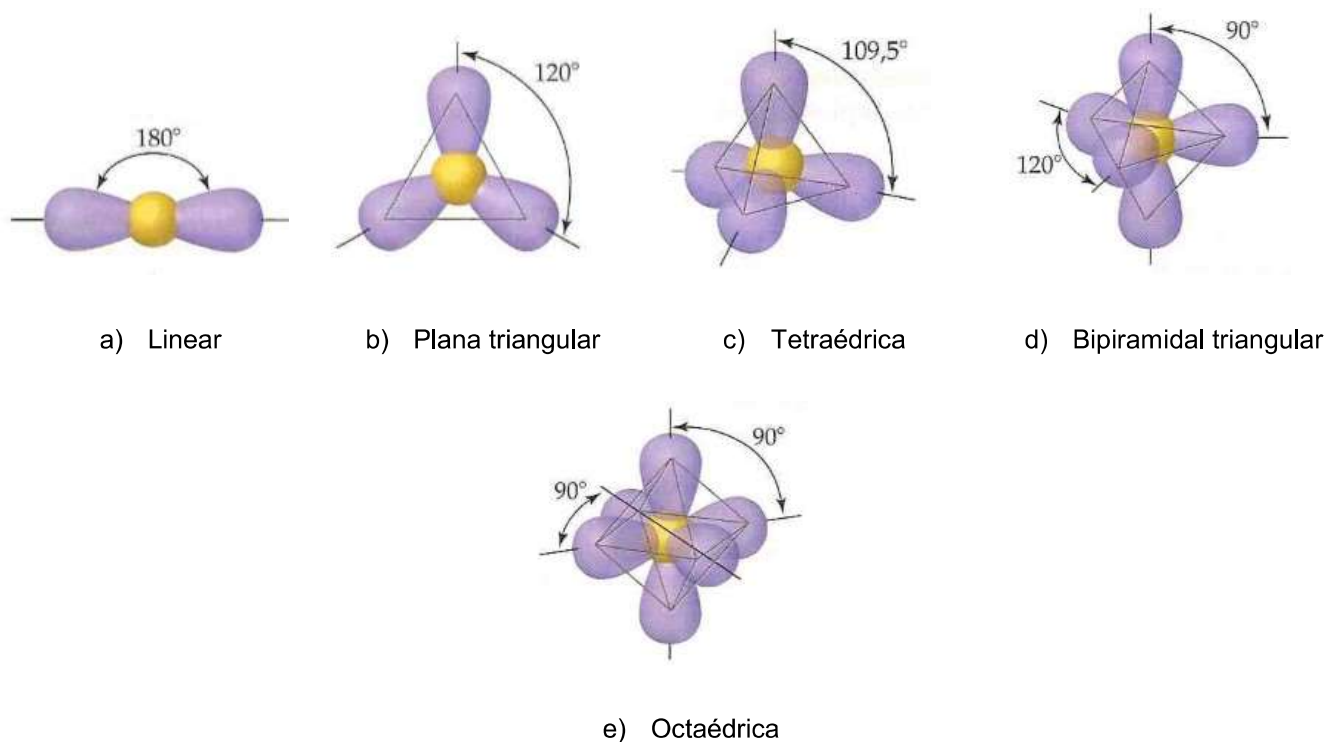
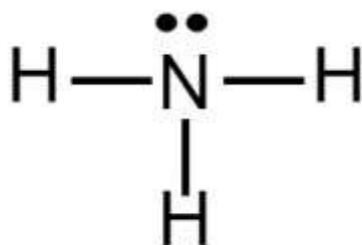
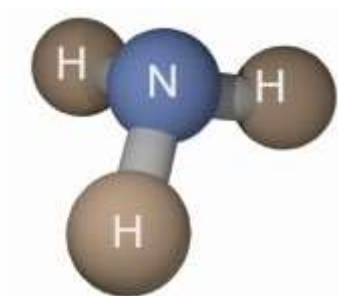


Figura 2.10 – Geometria dos Pares de Elétrons (extraído de [Brown et al, 1999]).



a) Estrutura de Lewis



b) Geometria Molecular

Figura 2.11 – Representação da amônia (extraído de [Brown et al, 1999]).

2.2. Teoria de Jogos

Os jogos podem ser definidos como sistemas interativos, formais, limitados e que possuem regras, desafios, conflitos e objetivos. Esses sistemas podem gerar um estado de vitória ou derrota por meio das ações realizadas voluntariamente em seu ambiente de imersão. Dentro deste ambiente existem valores gerados apenas para uso interno, como por exemplo, o dinheiro no jogo de tabuleiro Monopoly ou a pontuação de corrida no Sonic. Esse valores, denominados endógenos, colaboram positivamente para o engajamento do usuário no jogo (Schell, 2013).

Jogos são geralmente bons motivadores. Focando em três componentes centrais – prazer, recompensas e tempo – tornaram-se uma das mais poderosas forças em toda humanidade. Jogos são capazes de fazer pessoas tomarem ações que nem sempre sabem que queriam tomar, sem o uso da força e de forma previsível (Schell, 2013).

Zichermann e Cunningham (2011) afirmam que é necessário entender as motivações do jogador para criar com sucesso um sistema gamificado. Dessa forma, quanto mais se entender sobre os tipos de jogadores e seus motivadores em comum e específicos, mais fácil torna-se o processo de design e mais certas serão as escolhas das mecânicas a serem aplicadas.

Genericamente, Zichermann e Cunningham (2011) em seu trabalho explicam os quatro perfis de jogadores de Richard Bartle, quais também podem ser analisados na Figura 2.12:

Conquistadores: São jogadores que buscam o acúmulo de conquistas, sejam elas vitórias, pontos, distintivos ou valores endógenos. São indivíduos que não se dão bem com derrotas;

Aventureiros: São os membros mais exploradores. Eles buscam trazer novidades ao seu grupo e têm como motivador específico descobrir novidades;

Socializadores: São jogadores que jogam jogos mais voltados à interação social ou que a possam proporcionar;

Assassinos: São jogadores conquistadores que não se satisfazem só com a conquista, mas também têm a necessidade de que outro jogador perca. São movidos pela admiração e respeito de outros jogadores.

O perfil de um jogador não é composto por características exclusivas de um perfil de Bartle, sua personalidade no ambiente do jogo é uma mistura delas nas quais transparecem as de maior destaque.

Além dos motivadores exclusivos de cada tipo de jogador, Zichermann e Cunningham (2011) categorizam os tipos de motivação em intrínseca e a extrínseca. A primeira é a motivação exclusivamente do jogador, sem interferência do ambiente no qual este está inserido. O caráter altruísta dos Jedis, da série Guerra nas Estrelas, de fazerem o bem por crença própria, é um exemplo de motivador intrínseco. A extrínseca é proveniente do ambiente, tal como enriquecer ou o jogador ser motivado por querer ganhar algo (Chou, 2015).

Motivações extrínsecas, ao serem aplicadas, podem ser prejudiciais às motivações intrínsecas devido seu caráter negativo. É importante salientar que ao aplicar esse tipo de motivação, cria-se um motivador que ao ser retirado pode desmotivar o jogador (Chou, 2015). Dessa forma, é importante trabalhar as motivações intrínsecas em jogos.

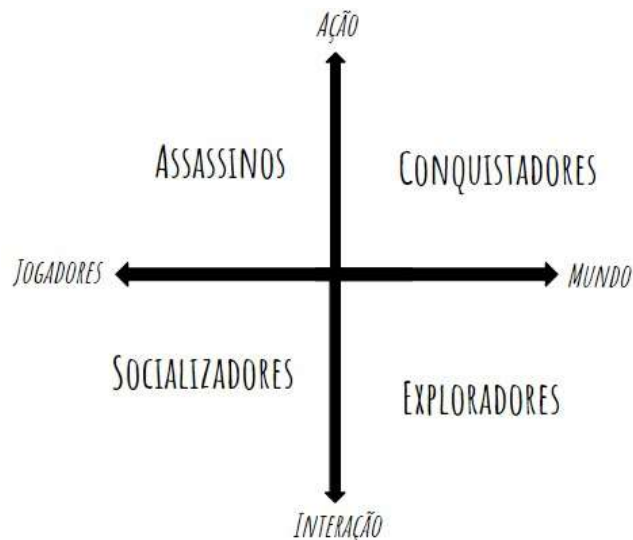


Figura 2.12 – Tipos de jogadores de Bartle (adaptado de [Zichermann; Cunningham, 2011]).

Tratando-se do processo de aprendizagem, é possível aperfeiçoar as habilidades do jogador por meio de desafios, quais requeram um nível tolerável de habilidades do jogador (Lee; Hammer, 2011). Dessa forma, partindo da premissa que busquem o domínio sobre algum assunto, deve-se estabelecer os estágios dos jogadores. Zichermann e Cunningham (2011) fazem o levantamento dos estágios de Dreyfus:

Aprendizes: É o estágio inicial. Neste, os jogadores têm pouco conhecimento do ambiente e de como lidar com ele;

Resolvedores de problemas: Neste estágio, os jogadores deixam de ser aprendizes e têm informações que os permitem resolver os problemas do jogo, mesmo que ainda não saibam o porquê de resolverem;

Experts: É o estágio no qual o jogador começa a entender como o sistema funciona e está mais atento à detalhes que podem não ser tão notáveis aos resolvedores de problemas;

Mestres: Neste estágio, os jogadores já conhecem bem o sistema e acreditam estar em controle do mesmo;

Visionário: É um estágio de mestre no qual o jogador tem a visão fora do sistema e consegue exergá-lo como o designer que o projetou.

Mesmo de forma gradativa, os estágios não precisam necessariamente serem mutáveis. O designer pode projetar o sistema permitindo que o jogador escolha um nível qual sinta-se confortável, principalmente quando a acessibilidade está em foco, e fornecer a eles ferramentas para progressão de estágios.

Após uma abordagem geral sobre jogos, é necessário entender melhor os motivos que levam um jogador a jogar. Abordando essa ideia, a seguinte subseção explicará o princípio da teoria do flow.

2.2.1. Teoria do Flow

De acordo com Vanzin (2014), a teoria do flow busca explicar o que torna uma pessoa feliz. Por meio do estado de flow o usuário se desconecta da realidade e imerge na experiência do jogo, o que é de imensa importância para o sucesso dos jogos (Zichermann; Cunningham, 2011).

No flow, são analisadas duas dimensões: as habilidades do jogador em vista do nível de desafio do jogo, como demonstrado na Figura 2.13. Essas duas dimensões combinadas, podem gerar ao jogador estados de tédio – caso os desafios sejam inferiores às suas habilidades – e ansiedade – caso os desafios sejam superiores (Schell, 2013). Todo designer de jogo almeja por meio do planejamento do jogo, também denominado Game Design, estabelecer um ponto mediano entre o tédio e a ansiedade, o qual caracteriza-se o flow (Zichermann; Cunningham, 2011).

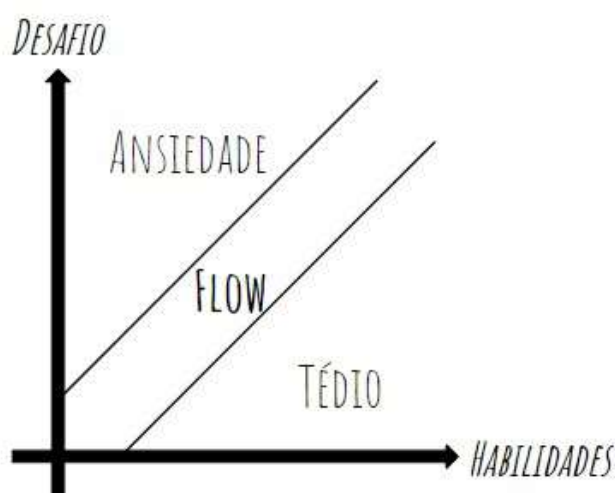


Figura 2.13 –Teoria do flow (adaptado de [Zichermann e Cunningham, 2011]).

Para alcançar o estado flow, Schell (2013) descreve quatro pontos chave de uma aplicação:

Objetivos claros: São responsáveis por manter o jogador focado em uma atividade;

Sem distrações: Foco é um dos alicerces do flow. Distrações roubam o foco prejudicando o flow.

Feedback direto: O feedback, retorno de uma ação, tem que ser rápido caso contrário, o jogador, sem saber o efeito de suas ações, pode tornar-se distraído e perder o foco.

Desafio constante: É importante que um desafio gere a sensação de que pode ser realizado, sem que seja fácil ou difícil demais e dessa forma evitar frustrar ou entediar o jogador.

No ensino nas escolas é muito comum a presença da ansiedade, principalmente em formas avaliativas, e do tédio do que o estado flow. Dessa forma, o aluno pode não se sentir

emocionalmente engajado ou motivado e consequentemente não atingir seu melhor estado de aprendizado.

Com o conhecimento sobre a teoria do flow e dos conceitos sobre jogos e jogadores abordados anteriormente, é de grande importância conhecer o processo de Game Design. A este processo existem frameworks que busam facilitar e organizar seu, um destes é o MDA Framework, qual será abordado na seção seguinte.

2.2.2. MDA Framework

Em sua obra, Chou (2015) descreve que um bom design de jogo deve ser sempre centrado nos sentimentos que o designer quer proporcionar ao jogador. Desta forma, não deve-se apenas escolher mecânicas e elementos de jogo baseando-se em jogos bem sucedidos, se deve escolhê-las de forma a melhor se encaixarem na transmissão de sentimentos.

O MDA é um framework que almeja facilitar o Game Design compreendendo os jogos pela análise de três aspectos: mecânicas, dinâmicas e estéticas. Hunicke et al. (2004) define as mecânicas como os componentes dos jogos, as dinâmicas como o comportamento das mecânicas agindo sobre as ações do jogador e as estéticas como as respostas emocionais do jogador quando interagindo com as dinâmicas do jogo.

O primeiro passo do MDA Framework é estabelecer, tendo como ponto partida uma temática de jogo, a estética por meio de descrições que caracterizem a experiência do jogador, tais como as definidas por Hunicke et al. (2004):

Sensação: Possa gerar sensações agradáveis;

Fantasia: Promove uma realidade que não é alcançável na vida real;

Narrativa: Contém um fluxo narrativo;

Desafio: Trazer obstáculos que desafiem o jogador;

Sociedade: Possibilita trabalho em equipe;

Descoberta: Contém territórios desconhecidos e novas descobertas;

Expressão: O jogador pode se expressar;

Com as estéticas definidas, é necessário estabelecer as dinâmicas que apresentarão as estéticas na experiência do jogador e por final são estabelecidas as mecânicas que possibilitam o sistema de dinâmicas (Hunicke et al., 2004).

Como exemplo da aplicação do MDA Framework, tendo como base uma temática de um jogo de luta medieval, considera-se os três passos:

1. As palavras chaves escolhidas referentes às estéticas são: Sensação, Fantasia, Desafio, Expressão e Sociedade;

2. Quanto às diâmicas que podem ser utilizadas para compreenderem as estéticas:
 - a. Fantasia: A própria temática;
 - b. Desafio: Hordas de inimigos que aumentam a cada rodada;
 - c. Expressão: Personalização de personagem;
 - d. Sensação: Novas habilidades para dar ao jogador a sensação de poder a cada rodada superada e a possibilidade de comprar novas armas;
 - e. Sociedade: Batalhar junto a amigos.
3. Placar de líderes, pontuação por inimigo morto, armas, vida do personagem são exemplos de mecânicas.

Com o conhecimento sobre o MDA Framework, torna-se importante para sua aplicação, um melhor embasamento teórico sobre as mecânicas de jogos. A seguinte subseção tem como finalidade abordar algumas mecânicas comumente utilizadas em jogos.

2.2.3. Mecânicas de jogo

Zichermann e Cunningham (2011) afirmam que as mecânicas possuem a habilidade de guiar as ações dos jogadores e moldar os jogos e são componentes que permitem ao designer controle sobre os níveis do jogo. Quando o usuário reage ao ambiente para resolver problemas que o separa de seus objetivos, há o pensamento cognitivo para as tomadas de ações tornando as mecânicas parte essencial para o desenvolvimento do conhecimento em um Serious Game (MOUAHEB et al., 2012).

Zichermann e Cunningham (2011) definem, com o complemento dos demais autores citados, as seguintes mecânicas básicas:

Pontos: são formas de mensurar o desenvolvimento do jogador no decorrer do jogo, concordado por Werbach e Hunter (2012) que também afirmam ser uma mecânica simples de feedback rápido ao usuário e ao designer. Podem ser visíveis ou não (como no caso do feedback ao designer) e são de grande importância, tanto para o jogador saber seu progresso no jogo quanto para análise por meio de designer. Concordado por Werbach e Hunter (2012), pelos pontos, o designer pode melhorar as fases em que a maior quantidade de jogadores não conseguiu ter um bom desenvolvimento. Os pontos podem ser divididos nas categorias de pontos de experiência e de troca:

Pontos de experiência: Utilizados para guiar, classificar e observar o jogador no decorrer do jogo. Os pontos de experiência, em uma abordagem de aumento gradativo de conhecimento, não podem ser perdidos nem trocados e são provindos das interações significativas do usuário com o jogo que de alguma forma melhorou sua experiência com o mesmo;

Pontos de troca: Diferente de pontos de experiência, estes são utilizados para render

outras recompensas durante o jogo. São a base da economia virtual e podem ser adquiridos por objetivos que gerem um “pagamento”.

Níveis/Fases: É a mecânica responsável por fornecer ao jogador sua localização no jogo. Na maioria dos jogos é indicado como uma forma de demonstrar a progressão. Cada nível aborda diferentes situações e dificuldades, guiando o jogador gradativamente à uma profundidade maior e mais complexa do sistema;

Quadro de líderes: Mecânica responsável por comparar os jogadores e seus desempenhos no jogo por meio de um sistema de ranque;

Werbach e Hunter (2012) retratam que quadros de liderança têm caráter motivador como também desmotivador, caso o jogador esteja com uma colocação mais baixa. Por meio da competição gerada por essa mecânica, o jogador pode tornar-se mais engajado ao jogo (Burgullo, 2010). São dois tipos de quadro de líderes listados por Zichermann e Cunningham (2011):

Quadro de líderes sem desincentivo: Neste estilo de quadro o jogador é centralizado, colocando-o no ranque com seus vizinhos superiores e inferiores mais próximos. Não há uma necessidade de distinção da localização geral no ranque, a não ser que o jogador se encontre entre os melhores, sendo a ação de mostrar sua real colocação uma forma de valorizar o progresso conquistado. A ideia deste tipo de quadro de líderes ameniza o caráter desmotivador abordado por Werbach e Hunter;

Quadro de líderes infinito: Neste estilo, o quadro de líderes busca trazer diferentes abordagens de ranque visando que nenhum jogador seja excluído ou desmotivado. Cada ranque é abordado em uma categoria diferente, de forma ao jogador, em alguma das categorias, estar melhor classificado. Por exemplo: ranques por localização e meio de amigos (Werbach; Hunter, 2012).

Distintivos: São representações visuais de conquistas. A perfis conquistadores, é um poderoso motivador. A mecânica de distintivo é flexível à aplicação e sua criação é restrita ao imaginário dos designers de jogo. Sua aplicação tem motivacionais como gerar objetivos, fomentar a reputação do jogador ou apenas em gerar o prazer ao jogador de inesperadamente receber uma conquista.

Mecânicas de Embarque: É um conjunto de mecânicas utilizadas no primeiro momento do jogador na plataforma, quais almejam instruí-lo e engajá-lo. Destas, é importante ter os seguintes tópicos em mente para seu planejamento:

Início do jogo: É um momento decisivo do jogador da plataforma, onde este pode se sentir interessado a utilizá-la, ou a abandoná-la. É recomendado que o jogador não seja forçado a tomar decisões complicadas ou incertas, muito menos enfrentar situações que poderiam gerar sequências de derrotas. Um bom início de jogo é caracterizado por permitir ao usuário testar o jogo sem compromisso e evitando ações complexas;

Muita informação: Não é agradável proporcionar ao usuário um alto nível de complexidade ou informação, estes devem ser inseridos gradativamente, de forma que o jogador se adapte;

Fazer vencedores: Desmotivar o jogador com a derrota logo no início é a maneira mais fácil de perdê-lo. Um início simples, com tarefas mais fáceis e em pouca quantidade é uma boa característica de embarque.

Desafios/Missões: Nesta mecânica, proporciona-se atividades com objetivos ao usuário para guiá-lo em sua experiência. Esses geralmente oferecem uma recompensa e podem ser cooperativos entre os jogadores. Os desafios e missões, se estruturados em uma narrativa que seja significativa ao jogador, pode tornar-se um incentivo maior a jogar do que apenas recompensas (Kapp, 2012).

Loops de engajamento: É um loop de análise qual busca entender como o jogador se engaja ao sistema, o porquê dele o deixar e os motivos pelos quais ele voltou, caso volte. Werbach e Hunter (2019) afirmam que o ponto chave para engajar o jogador é fornecer um feedback de ações durante o jogo.

Após o entendimento dos conceitos gerais de jogos, é necessário para a execução do trabalho deste estudo, entender o estilo de jogo proposto. A seção seguinte é composta por conceitos sobre Serious Games, algumas ferramentas suportes ao seu Game Design e sua aplicação no Processo de Aprendizagem.

2.3. Serious Games

O ato de jogar não é exclusivo à interação com elementos lúdicos para passatempo. Os jogos são poderosas ferramentas que proporcionam um ambiente envolvente e emocional ao usuário com base em uma estrutura de esforço, recompensa e feedback, promovendo a geração do conhecimento (Zichermann; Cunningham, 2011) e pode ser adaptável a diversas áreas, como Política, Saúde e Educação (Mouaheb et al., 2012).

Serious Games podem ser definidos como jogos úteis, produtivos, em outras palavras, os quais o design tem como foco trazer a transformação dos seus usuários focando no desenvolvimento de habilidades (treinamento), adaptação ao meio ambiente (tratamento de fobias), entender fenômenos (educação) ou grande aderência à transmissão de mensagem (promoção, propaganda, vídeo, games ideológicos, também conhecidos como jogos políticos) (Amato, 2007 apud Mouaheb et al., 2012).

Mouaheb et al. (2012) conclui que Serious Games proporcionam um processo de aprendizado e entretenimento. Dessa forma, é interessante entender um pouco mais a influência dessa ramificação dos jogos sobre o processo de aprendizagem, aspecto que será abordado na subseção seguinte.

2.3.1. Serious Games no processo de aprendizagem

Imergir os estudantes em um ambiente próximo à realidade, onde estes possam explorar sua criatividade, testar suas hipóteses e comprovar se estas são verdadeiras, é uma das maneiras mais eficazes de aprender (Giasolli et al., 2006). Dessa forma, é notável a relevância dos Serious Games na área da saúde (Belloti et al., 2013) por permitir proporcionar situações não cotidianas com finalidade de ensino.

É importante destacar a influência emocional dos jogos sobre seus usuários no processo de aprendizado. De acordo com Lee e Hammer (2011), um ambiente gamificado oferece a resiliência em face do fracasso, tornando o fracasso uma parte necessária da aprendizagem. Deixando de serem vistos como obstáculos ao progresso, as falhas passam a ser vistas como parte importante dos jogos e assim podendo reduzir a ansiedade gerada pelo processo de aprendizado (Mouaheb et al., 2012).

Malone e Lepper M. (1987) apontam quatro motivadores intrínsecos que podem estar presentes em qualquer situação de aprendizado envolvendo diversão:

Desafio: São atividades com objetivos. Estas atividades devem promover a incerteza de que seus objetivos serão alcançados, aspecto essencial para motivação, já que o jogador não se interessará em resolver um desafio fácil demais a não ser que haja motivadores extrínsecos envolvidos. É importante que os desafios não promovam níveis de dificuldade muito acima das habilidades do jogador, quais seguindo a ideia da teoria do flow, podem se tornar desmotivadores;

Curiosidade: É definida pelo autor como um dos motivadores intrínsecos com mais impacto positivo sobre a aprendizagem e pode ser categorizada como:

Curiosidade sensorial: É a curiosidade gerada por meio da estimulação dos sensores biológicos como a visão e audição. Ilustrações chamativas, mudanças bruscas de som são formas de estimular este tipo de curiosidade.

Curiosidade Cognitiva: É o tipo gerada por meio da apresentação de uma estrutura de conhecimento mal formada, de forma a fazer o usuário questioná-la. Por exemplo: afirma-se que não existem mamíferos com escamas quando na verdade há;

Controle: É estimulado quando é dado a um indivíduo o poder de controlar e não apenas ser parte do ambiente, ou seja, torná-lo membro ativo em uma atividade, não apenas um observador;

Fantasia: É caracterizado por envolver o indivíduo em um contexto ficcional e distinto da realidade. Dessa forma, é possível simular no usuário experiências emocionais talvez não disponíveis à sua realidade, tais como: poder, fama ou fortuna. Os contextos ficcionais podem abordar o problema, ou objetivo proposto, de várias maneiras, gerando uma ampla visão sobre o contexto da aplicação.

Em um Serious Game, a evolução do jogador pode ser analisada pela sua capacidade de

solucionar problemas no contexto da aplicação. Kim et al. (2009) afirma que essa capacidade pode ser melhorada por meio de estratégias de metacognição, ou seja, aprender estratégias para aprender, e que os jogos, com sua dinâmica de imagens, ações e outras formas sensoriais de engajamento, são ótimas atividades para trabalhar a metacognição.

Neste capítulo foram abordados o conteúdo de química a ser contemplado como enredo para os desafios da plataforma, um pouco sobre a teoria de jogos, abrangendo o MDA Framework, algumas mecânicas de jogos mais relevantes ao estudo, a teoria do Flow e por último um pouco sobre os Serious Games. Com o conhecimento desses conceitos, é possível prosseguir ao Game Design para planejar a aplicação e desenvolver seu enredo. O capítulo seguinte abordará os materiais e métodos utilizados neste trabalho.

Capítulo 3

Materiais e Métodos

Neste Capítulo serão descritos os materiais e métodos utilizados para o desenvolvimento desta trabalho, quais são as etapas do projeto, os principais fundamentos e tecnologias empregadas.

3.1. Game Design

O Game Design é um processo que se inicia na etapa do planejamento e se mantém em todas as etapas de criação até o jogo ser finalizado. O Game Design é um processo de tomada de decisões e é utilizado quando é necessário definir alguma característica do jogo, seja funcional, artística e até mesmo referente ao contexto. Este processo é mais frequente no planejamento, onde há uma grande quantidade de tomadas de decisões para se estruturar o jogo.

Este processo foi executado na primeira etapa de desenvolvimento de duas formas. A primeira com intuito de definir aspectos referentes ao Serious Games na plataforma (enredo, finalidade e abordagem da plataforma) e a segunda de forma a estruturar a plataforma em si. Na segunda forma, foi utilizado os passos do MDA Framework (apresentada na subseção 2.2.2) com auxílio da técnica do brainstorming em cada um destes. O processo de Game Design constou com a presença de um profissional no ensino de química para garantir que as ideias sejam consistentes com a temática proposta e nenhum conceito de química seja violado ou mal representado.

A técnica de brainstorming é a ideia de uma tempestade de ideias. As primeiras ideias que surgirem em mente são anotadas, posteriormente discutidas e trabalhadas, caso escolhidas, já que é necessário um processo de refinamento das ideias. É importante ter experiência em jogos, conhecimento da temática proposta e manter sempre o foco no público alvo, para que as ideias melhor se encaixem na proposta, visando que o jogo busca proporcionar uma experiência agradável ao seu utilizador.

Com o planejamento finalizado, foi iniciado o processo de desenvolvimento de um mockup de baixa fidelidade: um protótipo simples que representa visualmente as ideias. O desenvolvimento deste foi realizado a primeiro momento em desenho no papel e posteriormente utilizado o motor de jogos, a ser explicado em sequência, para a criação de uma versão funcional do protótipo sem necessariamente aspectos visuais robusto. Cada componente desenvolvido para o protótipo foi testado em sua usabilidade antes de ser integrado à versão final da plataforma.

Embora o mockup de baixa fidelidade, desenvolvido para representar as ideias faça parte do planejamento, este já é o início da implementação. Com este protótipo, foram aperfeiçoados seus componentes e recursos visuais até torná-lo aplicável a este estudo. A etapa de implementação será abordada na seção seguinte.

3.2. Implementação

Para a implementação, foi utilizado um motor de jogos (Game Engine). Uma Game Engine

permite a simplificação e abstração no desenvolvimento de jogos por meio de uma Interface de Programas de Aplicação (API). Algumas das Game Engines também disponibilizam um Ambiente de Desenvolvimento Integrado (IDE), qual fornece ferramentas rápidas de apoio ao desenvolvimento. Algumas IDEs permitem que usuários desenvolvam jogos sem precisarem codificar programas. A Game Engine utilizada para a implementação do Serious Game deste estudo foi a Unity 3D.

A Unity 3D é um conjunto completo de ferramentas para a criação de jogos desenvolvida pela Unity Technologies. Esta Game Engine suporta a criação de aplicações para computadores pessoais, console, mobile, realidade virtual e aumentada com alta qualidade. Das suas ferramentas e aspectos, em vista da aplicação deste trabalho, são importantes:

- Avançada renderização em tempo real;
- Animação e simulação de físicas;
- Codificação utilizando a linguagem de programação C#
- Sistema de reprodução de áudio;
- Sistema de visualização de vídeo integrado;
- Sistema de iluminação e sombras;
- Otimização de desempenho.

A Unity 3D fornece suporte ao desenvolvimento por meio de vídeo aulas, tutoriais, projetos exemplos, documentação da API, comunidade com fóruns para interação de desenvolvedores. Também existe uma loja virtual de recursos no Unity e alguns gratuitos fornecidos para facilitar o desenvolvimento.

Disponível a todos, a Unity contém uma licença gratuita para uso de todos os seus recursos principais e todos os projetos desenvolvidos são de autoria do próprio desenvolvedor. Com a aquisição de alguma das licenças pagas, o desenvolvedor tem acesso a outros recursos mais avançados, descontos na loja virtual e auxílio com desenvolvedores experientes.

Além da Game Engine, é importante o uso de outros softwares que permitam a criação dos recursos do jogo, tais como a interface gráfica de interação com o usuário e os objetos 3D de ambientação do jogo. Para essa finalidade o Adobe Photoshop e o Blender são suficientes.

O Blender é uma ferramenta que permite a construção, texturização e animação de modelos 3D. Permitindo a exportação dos objetos 3D desenvolvidos para diversos formatos, é possível importar estes, tais como suas animações e texturas para o ambiente do Unity 3D.

Os recursos 2D podem ser desenvolvidos com o auxílio do Adobe Photoshop. Este conjunto de ferramentas permite a criação e edição de imagens. Embora seja pago, é possível utilizá-la por um período experimental. Com foco neste trabalho, o Photoshopo poderá ser utilizado ao desenvolvimento de recursos tais como ícones, logos, imagens da narrativa e

paineis informativos.

Com o desenvolvimento de cada componente do jogo, como também um protótipo funcional, são necessários testes para analisar a interação destes com seus usuários. Desta forma, a seção seguinte abordará os testes realizados no jogo.

3.3. Testes do jogo

O uso de um jogo é caracterizado por uma Interação Humano-Computador (IHC) e pode ser analisado por meio de sua usabilidade. Para a análise da usabilidade da plataforma foram realizados dois tipos de testes, o teste de componentes e o do fluxo de jogo, sendo os de componentes realizados com o objetivo de testar a usabilidade da interação do jogador com um componente de jogo, onde os componentes podem ser qualquer elemento de interagibilidade com o jogador, seja um botão, um objeto de desafio ou um obstáculo. Já os testes de fluxo de jogo analisam como o jogador se comporta na plataforma desde o momento de embarque até o último momento em que interage com a plataforma.

Os testes de componentes foram realizados durante todo o desenvolvimento da plataforma, baseando-se na análise crítica por parte de um jogador voluntário. Este voluntário, neste trabalho referido como testador, esteve envolvido no processo de planejamento, contudo não teve participação no desenvolvimento técnico. O único requisito para a aplicação deste tipo de teste é que o componente interativo estivesse em sua versão final. Este teste serviu durante o desenvolvimento para garantir que cada componente fosse testado antes de unido e garantido que este estivesse de acordo com o especificado.

Os testes de fluxo de jogo consistiram em aplicar a plataforma com o único objetivo do testador finalizar o jogo. Nesta etapa de testes participaram três voluntários, dois destes sem conhecimento da plataforma e um terceiro qual esteve envolvido no planejamento mas não participou dos testes de componentes. A nenhum dos testadores foram fornecidas informações além dos comandos básicos de movimentação do avatar virtual, mantendo a ideia de quanto menos o jogador conhecer da plataforma, melhor será os resultados das aplicações. Para este tipo de teste foi necessária uma versão da plataforma próxima à final, onde todos os recursos de interação e fluxo de jogo já estivessem terminados.

Os dois primeiros testes de fluxo de jogo foram divididos em duas etapas: aplicação e reaplicação. As etapas foram divididas de forma a serem realizados dois testes, sendo o primeiro para analisar os problemas de usabilidade e o segundo, realizado após a correção dos problemas observados, para certificar que as soluções propostas surtiram efeito positivo. É importante que os testes sejam aplicados em um intervalo significativo de tempo de forma a não acostumar o jogador à plataforma. Para as aplicações foi estipulado ao menos 12 horas de intervalo. Não foram realizadas mais aplicações a um mesmo testador devido à confiabilidade do teste, qual passaria a duvidosa se o testador jogasse mais vezes.

Os testadores do fluxo de jogo foram selecionados de forma a contemplarem diferentes

jogadores, sendo o primeiro um participante habituado a jogar e um segundo sem muita experiência em jogos, assim, a partir do comportamento de dois extremos, é possível analisar características dos grupos intermediários aos dois.

Os testes ocorreram em um ambiente controlado, com boa iluminação, sem interferências externas que poderiam gerar o desfoque da atenção do testador. A abordagem escolhida aos testes foi a assistida e consiste em um observador a tomar nota de todo o comportamento do jogador e suas ações durante o teste, para ao final, a partir de uma análise às notas, corrigir possíveis problemas. É importante que o observador não interaja com os testadores durante o teste, evitando prejudicar a naturalidade do pensamento e ações destes, salvo em momentos extremos, onde o jogador dependerá de ajuda para prosseguir, caracterizando o problema enfrentado com um baixo nível de usabilidade.

O último teste foi realizado com a finalidade de analisar a usabilidade do fluxo de jogo e também validar a plataforma para início das aplicações. O testador, com conhecimento em química esteve envolvido no processo de planejamento da plataforma, contudo não se envolveu em aspectos técnicos de desenvolvimento. Sua aplicação foi realizada remotamente e teve a análise de seus resultados por meio do relato do testador. Como requisito para este teste, foi necessário que a plataforma estivesse na última versão antes da aplicação.

3.4. Aplicação e Avaliação

Uma sala de aula é composta por alunos com características, comportamentos e preferências diversificadas. Sendo assim, para este estudo não se buscou um padrão para os jogadores voluntários da aplicação e sim uma amostra de participantes que possibilitasse uma rica variedade de características, já que na prática, espera-se que uma sala de aula seja diversificada.

Para o recrutamento dos voluntários foi realizada uma divulgação por meio de mídias sociais, convidando a participar qualquer um que estivesse interessado em contribuir para o estudo. Esse processo foi facilitado devido a empolgação por parte dos participantes, quais divulgaram entre seus amigos. A escolha de que os participantes não necessariamente seriam da área de química ou, tivessem frequente contato com esta, baseou-se na disponibilidade de participantes, e na variação do nível de conhecimento dos participantes e desta forma, analisar os efeitos da nos quesitos motivacionais e lúdicos da aplicação em qualquer usuário que fizesse uso da plataforma.

A aplicação constou em disponibilizar a plataforma aos voluntários e após uma explicação do estudo proposto e dos comandos básicos de movimentação e interação, permitir-se que estes a jogassem. Durante todo o período de aplicação foi disponibilizado ajuda ao participante caso necessário para garantir que, se houvesse algum problema de usabilidade não previsto pelos testes, pudesse ser fornecidas formas de ultrapassar este. Aos participantes de áreas de conhecimento que não envolvesse química, visando a Teoria do Flow, a ajuda se estendeu em

responder os desafios caso houvesse algum com complexidade maior ao seu conhecimento em química.

Ao final da aplicação os participantes foram submetidos a um formulário dividido em duas partes. A primeira parte foi responsável por definir os dados pessoais do participante, seu perfil de jogador e também recrutar informações importantes ao estudo, tais como: experiência posterior em jogos e serious game. A segunda parte do formulário relatou a experiência com a plataforma com foco na ludicidade, motivação e usabilidade, sendo estes os fatores primordiais para este estudo. O questionário utilizado está no Anexo I.

O processo de análise dos dados foi realizado a partir da quantidade de respostas dos participantes a cada questão do questionário e também baseado na análise da medida de apreciação e motivação. As medidas de apreciação e motivação são calculadas pela média do total de qualificações das uma pergunta do questionário que foram avaliadas de 1 a 5, de forma a apreciação ser estabelecida no quanto o participante se divertiu ou gostou de determinado quesito e a de motivação são referente às mecânicas e seus efeitos motivacionais.

A análise dos dados da experiência utilizou perspectivas, com a finalidade de ter diversos pontos de vista sobre um aspecto. Por meio destas perspectivas, buscou-se entender a aceitação da plataforma, seu desempenho, usabilidade e os aspectos que melhor estimularam os participantes de uma forma geral e em características específicas de cada ponto de vista. As perspectivas propostas para a plataforma são:

1. Perspectiva geral na qual os efeitos da plataforma são analisados independentemente das características individuais dos participantes, tendo todos como um único grupo;
2. Utilizando distinções por hábito de jogo e perspectiva do docente (aos aspectos significativos para esta perspectiva);
3. Distinção por perfil de jogador.

Capítulo 4

Desenvolvimento

Neste Capítulo é relatado o processo de desenvolvimento da plataforma, qual foi dividido em três etapas: planejamento, desenvolvimento técnico e testes. A etapa de planejamento aborda o levantamento dos aspectos de serious game da plataforma e a aplicação inicial do game design utilizado o MDA Framework. O desenvolvimento técnico apresenta os recursos desenvolvidos por meio do MDA e as fases, desafios, tutoriais, Heads-up displays, menus que compõe plataforma.

4.1. Planejamento e Desenvolvimento

Tratando-se de um serious game, o planejamento de todos os aspectos da plataforma devem respeitar o contexto da aplicação, qual é sua finalidade, o enredo e a abordagem. Com a finalidade já bem definida, “auxiliar o ensino em química”, e o enredo sendo os tópicos expostos na seção 2.1, a abordagem escolhida foi um teste de conhecimento. Com os aspectos do contexto em mente, é possível avançar com o processo de Game Design.

4.1.1. Aplicação do MDA Framework

A aplicação deste framework será abordado nesta subseção na forma de subseções, onde o título de cada uma destas será o sentimento a ser estimulado. Em seguida, será descrito como o sentimento será apresentado na plataforma e suas respectivas mecânicas. Os sentimentos que não dependem de outras etapas do planejamento para serem implementados já serão apresentados em sua forma final na plataforma.

4.1.1.1. Sensibilização

O emocional do estudante é um aspecto de grande impacto no processo de aprendizado e, baseando-se na teoria do flow, é de importância que os objetivos sejam apresentados de forma clara ao jogador. Desta forma, almejando incentivar o jogador a realizar os desafios propostos na plataforma, foi planejado uma narrativa de caráter emocional com a intenção de sensibilizá-lo e também gerar um objetivo bem definido que possa guiá-lo no decorrer de sua experiência.

A narrativa apresenta um personagem cujo a mãe contraiu uma doença muito rara e fora do conhecimento do médico local. Em busca de ajuda, o personagem procura o alquimista da vila em que reside. O alquimista, conhecendo a poção de cura, oferece ajuda ao personagem principal, contudo, faltam-lhe dois ingredientes: um átomo de Oxigênio e um de Carbono. Assim é iniciada a aventura do jogador, definindo-lhe o objetivo de coletar os átomos restantes e retornar ao alquimista para conseguir a cura da doença de sua mãe.

Para cada um dos átomos, neste momento do planejamento, foram definidos apenas quais seriam suas representações e a ambientação de suas respectivas fases, de forma a estas remeterem características de seus átomos. Ao átomo de Carbono, foi atribuída a forma de um grande diamante ao final da fase da mina de exploração denominada “Mina de Lewis” e ao oxigênio, a forma de uma esfera com asas no final da cidade voadora de Aeris. Para a narrativa, também foi definido que esta teria apenas um final possível de ser atingido, já que a criação de finais alternativos pode ser trabalhosa e custosa em tempo e esforço.

A narrativa proposta foi desenvolvida em cinemáticas baseadas em imagens bidimensionais, texto e música. As cinemáticas são apresentadas ao jogador no início, para

introduzir os objetivos do jogo, e no final, quando todos os objetivos forem concluídos para finalizar a narrativa. Também foram desenvolvidas duas cinemáticas simples para demarcar a coleta de cada um dos átomos e assim a conclusão de um dos objetivos.

As artes para as cinemáticas foram criadas por um bolsista da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, no Brasil, do projeto de iniciação científica “Desenvolvimento de um Serious Game Aplicado ao Ensino de Química Orgânica” dedicado ao desenvolvimento da plataforma deste trabalho. Estas foram baseadas em uma palheta de cores simples, que remetesse a aspectos místicos e foram integradas à plataforma por recursos disponibilizados no Unity para o desenvolvimento de animações e exibição de vídeo. O resultado final das cinemáticas pode ser visualizado na Figura 4.1.



c) Alquimista na animação introdutória



d) Cena final da plataforma

Figura 4.1 – Exemplos de imagens utilizadas nas Cinemáticas.

4.1.1.2. Imersão no ambiente

A concentração é um ponto muito importante no processo de aprendizado e a realidade virtual possui os recursos necessários para estimular o foco. Com a finalidade de imersão do jogador foi proposto que a plataforma seja desenvolvida em realidade virtual imersiva, onde o jogador é representado por um avatar virtual, o qual proporciona uma vista em primeira pessoa do ambiente 3D, capacitado a se movimentar e interagir com o ambiente ao seu redor.

Com os recursos do Unity, é possível desenvolver um ambiente 3D ao redor do personagem, com semelhanças ao mundo real e, desta forma, concentrar o jogador, neste novo mundo, afastando-o das distrações do real. Tratando-se de um ambiente tridimensional,

é relevante ressaltar a característica deste em permitir que seja reduzida a abstração da química em relação ao mundo infinitamente pequeno de seus elementos. Esta abstração pode ser praticada pela visualização e manipulação de estruturas de um composto químico.

Para a imersão, foi utilizado o avatar de primeira pessoa, disponibilizado gratuitamente pelo Unity. Este avatar já é capacitado a se movimentar pelo ambiente do Unity e utiliza o padrão de entrada de jogos em primeira pessoa, tornando-o intuitivo aos jogadores já familiarizados.

Para movimentação são utilizados os seguintes comandos:

- Teclas “A”, “W”, “S”, “D”, ou setas do teclado para deslocamento;
- Movimento do mouse para visualizar o ambiente;
- Espaço para saltar;
- Shift para correr.

Mesmo que o Unity tenha uma loja online com muitos objetos 3D gratuitos para o desenvolvimento de jogos, optou-se por desenvolver um ambiente personalizado, utilizando a ferramenta Blender, com características da história e coerência de estilos entre as fases. A criação dos ambientes será abordada na Seção 4.1.3.

4.1.1.3. Progresso

Tratando-se de um jogo para auxiliar o ensino, o progresso do jogador é um reflexo de seu desempenho nos desafios e desta forma é importante que este desempenho seja claro. Assim, para que o jogador tenha noção de seu progresso no decorrer do jogo, foi definido que haveria uma pontuação relacionada a cada um dos desafios propostos e o contador desta será explícito ao jogador. O resultado do contador é demonstrado na Seção 4.1.5.

A pontuação é proposta de forma a, cada conclusão correta do jogador a um desafio, ser acrescentada uma quantidade de pontos e, para cada conclusão errada, aplicar um fórmula para redução da pontuação do desafio. Como quesito motivacional, a pontuação possível de ser recebida por desafio jamais deverá chegar a zero e assim foi definida a equação 4.1, qual permite o cálculo da pontuação com uma base mínima de pontos recebíveis.

$$x = p - q \cdot r \quad (4.1)$$

Dado (4.1), “x” é o valor da pontuação a ser recebida, “p” é uma base mínima de pontos pré-definida, “q” é a quantidade de erros do jogador no desafio e “r” o fator de redução, qual define a quantidade de pontos a reduzir por erro. A quantidade de erros para esta equação deve ser menor que o fator limite e maior ou igual a zero. Dado (4.2), é possível definir o fator limite.

$$f = p / e \quad (4.2)$$

Dado (4.2), “p” é a quantidade base de pontos e “e” uma quantidade limite de erros pré-definida.

O contador de pontos é apresentado ao jogador durante o decorrer das fases de forma bem visível. Também foi disponibilizado, no momento de seleção da fase, o recorde de pontuação do jogador realizado anteriormente na tentativa de incentivar novas partidas para superar o desempenho anterior.

4.1.1.4. Perigo

Talvez o sentimento mais conhecido entre os jogos, o perigo consta como um motivador negativo já que pode gerar sentimentos ruins como ansiedade e fracasso. Contudo, se estimulado em quantidade correta, pode gerar, como benefícios, o sentimento de valorização pelo progresso atual e também reforçar a atenção do jogador.

Para estimular o perigo, foram definidos obstáculos de queda e atribuído vidas ao jogador. Os obstáculos de queda são basicamente precipícios, onde se o jogador cair, perde uma vida e as vidas são tentativas que o jogador tem para concluir a fase atual. No instante em que o jogador perde uma vida, são analisadas as seguintes possibilidades:

- Caso o jogador ainda tenha vidas, este retornará ao denominado “ponto salvo”. Este ponto é uma localização da qual o jogador já passou e tem todos os desafios abordados anteriormente resolvidos e posteriormente pendentes de resolução;
- Caso o jogador não tenha vidas, será apresentada uma tela de final de jogo, permitindo que este retorne ao menu inicial ou recomece a fase.

Foram planejadas uma quantidade inicial de 5 vidas ao jogador e não foram dispostas vidas coletáveis no decorrer da fase. Desta forma, o jogador só poderá restaurar as vidas caso recomece a fase. A quantidade de vidas é apresentada ao jogador por um contador visível durante o decorrer da fase, seu resultado final pode ser visualizado na Seção 4.1.5.

4.1.1.5. Conquista

O jogador sentir que está avançando e conquistando seus objetivos é um sentimento comum entre os jogos e que reflete o sistema de ensino. Este sistema que define séries (níveis de conhecimento) e métodos de avanço (testes e trabalhos) pode ser motivador, caso o aluno sinta-se avançando e familiarizado com os métodos, mas também pode ser desmotivador, caso o aluno sinta-se preso em um nível de conhecimento.

Com a finalidade de estimular o sentimento de avanço, foram definidos distintivos não obrigatórios e com objetivos claros para sua obtenção. Estes distintivos poderão ser recebidos de acordo com o desempenho ou esforço do jogador e não só definem marcos ao avanço deste, como também incentiva jogadores com perfil de conquistador a se esforçarem mais e consequentemente conquistarem os distintivos mais difíceis.

Os critérios avaliados para o planejamento dos distintivos foram: mecânicas de vidas e quantidades de erros às perguntas. Também foi definido que o jogador receberia uma

recompensa para cada fase concluída pela primeira vez, independente se houve um bom desempenho, de forma a recompensá-lo por tentar e incentivar este a continuar tentando. Os distintivos planejados, assim como seus requisitos de obtenção podem ser visualizados no Tabela 4.1.

Tabela 4.1 – Distintivos.

Distintivo	Requisito
Explorador de Lewis	É necessário explorar ao menos uma vez a Mina de Lewis
Mestre de Minas	É necessário completar a Mina de Lewis sem perder vidas
O Senhor Lewiniano	É necessário terminar a Mina de Lewis sem errar perguntas nem perder vidas
Voando mais alto	É necessário explorar ao menos uma vez Aeris
Mestre das alturas	É necessário completar Aeris sem perder vidas
O Senhor de Aeris	É necessário terminar Aeris sem errar perguntas nem perder vidas

Os distintivos serão expostos em uma tela própria e, além de seu nome e descrição, apresentarão uma arte personalizada. A arte só será visível quando o jogador conquistar o distintivo, enquanto não, esta apresentará somente o contorno em preto. Para alertar o jogador que este obteve um distintivo, é definido um sistema simples de notificação qual é ativado todas as vezes que o jogador acessar o menu principal após conquistar um distintivo. O resultado final pode ser observado nas Figuras 4.2 e 4.3.

Com os sentimentos, suas estéticas e mecânicas definidas, o planejamento prosseguiu aos desafios que serão propostos ao jogador, etapa abordada na subseção seguinte.

4.1.2. Desafios

A etapa de planejamento dos desafios utilizou o processo de brainstorming de forma a associar um conjunto de perguntas, retiradas de sistemas avaliativos de ingresso ao ensino superior, com os desafios geralmente propostos em jogos regulares respeitando os sentimentos propostos.

Cada tópico proposto ao enredo de química contém, nos testes avaliativos, similaridades no estilo das perguntas. Estas similaridades, permitem definir aspectos dos desafios, tais como: forma de apresentação das perguntas e respostas, se para auxiliar o entendimento da pergunta é necessário algum tipo de recurso de mídia ou se é possível tornar a apresentação da pergunta dinâmica.

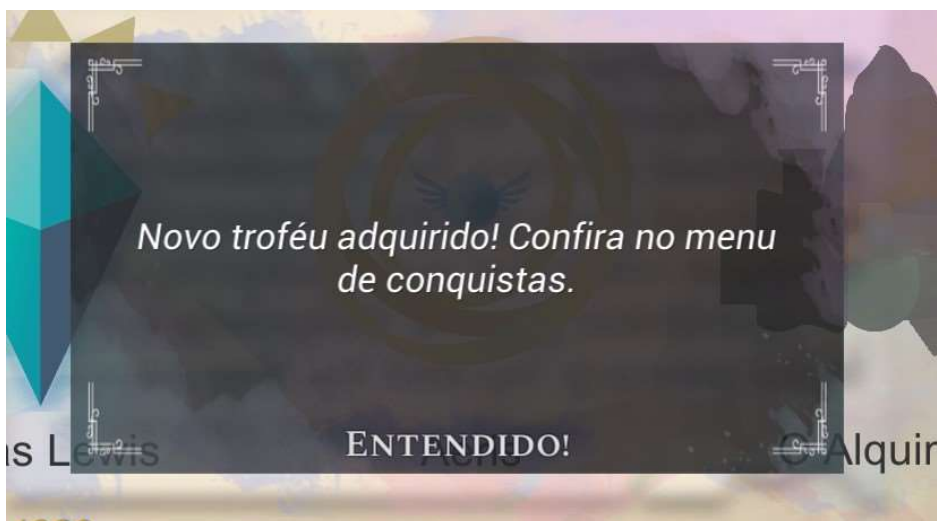


Figura 4.2 – Notificação de novo troféu adquirido.



Figura 4.3 – Tela de conquistas do Menu.

Todos os desafios têm em comum um obstáculo físico do qual não permite o usuário prosseguir sem que resolva o desafio proposto. Além dos obstáculos de queda, tem-se como outros exemplos: pontes levadiças ou quebradas, grades de proteção e portas fechadas. Estes obstáculos serão melhor explicados na Seção 4.1.3.

Com as características de cada tópico refinadas, utilizou-se técnicas de brainstorming de forma a incorporar elementos lúdicos às perguntas e definir como apresentá-las ao jogador.

Esta etapa constou com a consultoria de um professor de química e os desafios resultantes serão apresentados nas subseções seguintes.

4.1.2.1. Pergunta e Resposta

O primeiro desafio foi estruturado baseando-se nas perguntas e respostas de questões objetivas em testes. Com uma abordagem mais tradicional, como um quiz, o desafio de pergunta e resposta consiste em disponibilizar ao jogador, por meio de uma tela personalizada, perguntas e alternativas de respostas. Para solucionar o desafio, o jogador deve interagir com um objeto 3D que represente o desafio no ambiente do jogo, este gerará a tela personalizada e bastará o jogador responder corretamente à pergunta selecionando uma das alternativas.

A repetição de perguntas pode ser um fator prejudicial à usabilidade e deve ser utilizado com cautela. Com uma abordagem de teste de conhecimento, não há necessidade de repetir perguntas que o jogador já tenha respondido corretamente e assim, foi definido que as perguntas não acertadas seriam repetidas com a finalidade de permitir ao jogador testar outras hipóteses.

A integração das perguntas à plataforma é realizada por uma entidade denominada Puzzle Loader, que realiza o carregamento de um arquivo JSON. Para cada fase é disponibilizado apenas um arquivo contendo todas as perguntas, que é separado por fase, desafio e idioma, por meio da organização de diretórios: *“/Resources/Questions/<codigo da fase>/<codigo do idioma>/<Nome do desafio>”*. Assim, quando convier alterar as perguntas da plataforma, basta alterar ou substituir o arquivo.

Além do carregamento das perguntas, o Puzzle Loader também gerencia todo o processo de disponibilização destas. Cada pergunta contém um código identificador único para seu desafio, que é utilizado para a exclusão de perguntas já acertadas. Esta entidade também realiza a seleção de forma randômica, evitando que a mesma pergunta, na ordem natural de seleção, seja repetida o tempo todo caso não consiga ser respondida.

São propostas duas abordagens diferentes a este desafio, sendo a primeira delas a da alavanca. Esta abordagem contempla qualquer um dos tópicos de química propostos por meio de uma tela contendo uma pergunta e três respostas, ambas em apenas texto. O nome do desafio é referente à sua apresentação na forma de uma alavanca como objeto de interação, que o jogador deverá resolver sua pergunta para poder puxá-la para baixo e ultrapassar o obstáculo. O resultado visual do objeto de interação e do painel do desafio podem ser visualizados na Figura 4.4.

A segunda abordagem é exclusivamente para os tópicos de isomeria geométrica e plana. Percebeu-se na análise dos conjuntos de perguntas de isomeria, que a maioria destas utiliza imagens para auxiliar o entendimento e desta forma, foi proposto que esta abordagem permitisse o uso de imagens nas perguntas ou respostas, sendo que das respostas, seriam dispostas apenas duas alternativas, para tornar o desafio mais dinâmico. As imagens são

referenciadas nos arquivos JSON por meio do seu nome, e são salvas na seguinte organização de diretórios “Questions/Images/<Nome do desafio>/<nome da imagem>”. O resultado final da abordagem pode ser observado na Figura 4.5.



a) Tela de interação do desafio

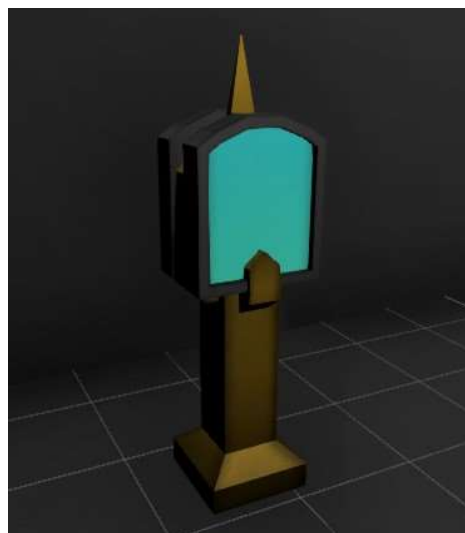


b) Objeto de interação

Figura 4.4 – Desafio de Pergunta e Resposta na abordagem de alavanca.



a) Tela de interação do desafio



b) Objeto de interação

Figura 4.5 – Desafio de Pergunta e Resposta na abordagem de isomeria.

Mesmo contemplando uma grande quantidade de tópicos do enredo de química, os desafios de pergunta e respostas devem ser utilizados com grande cautela e intercalados com

outros desafios. Por ter pouca dinâmica, principalmente a abordagem da alavanca, pode tornar-se cansativo e assim afetar negativamente a usabilidade, assim é preferível que as perguntas tenham textos menores e mais objetivos.

4.1.2.2. Encaixe

Os desafios de encaixe foram desenvolvidos a partir do brainstorming envolvendo as perguntas de tipos de ligações, eletronegatividade e geometria das moléculas. Com um fluxo de jogo mais dinâmico, este desafio consiste na ideia do jogador pegar objetos, carregá-los e encaixá-los em seus respectivos totens de encaixes. Os objetos de encaixe são representado por cristais quando átomos e por suas estruturas em 3D quando compostos moleculares, como demonstrado nas Figuras 4.6 e 4.10 (a). Para orientar o jogador em qual objeto encaixar é disposto um painel informativo com as características do objeto de encaixe requisitado. De forma a variar o desafio, foram propostos dois diferentes totens de encaixe, quais podem ser visualizados na Figura 4.7.

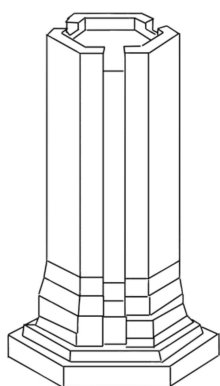


Figura 4.6 – Representação de um átomo.

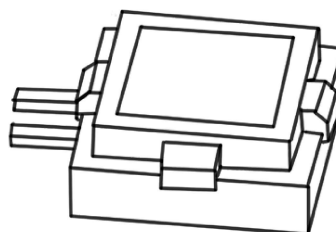
A este desafio, são contempladas três abordagens diferentes, uma para cada tópico do enredo. A primeira aborda a eletronegatividade e consiste no jogador encaixar apenas um átomo em sua estrutura de encaixe de forma a este átomo conter o nível de eletronegatividade (alta ou baixa) requisitada. A eletronegatividade é requisitada em um painel informativo logo acima do totem de encaixe. O resultado final desta abordagem pode ser visualizada na Figura 4.8 com detalhamento nos totens de encaixe.

A abordagem dos tipos de ligação é semelhante à eletronegatividade, visto que a eletronegatividade é necessária para definir o tipo de ligação resultante entre dois átomos, como exposto na Seção 2.1.2. Desta forma, são dispostas duas estruturas de encaixe, onde cada uma destas representa um átomo da ligação, e o jogador deverá encaixar os átomos que

estabeleçam a ligação requisitada pelo painel informativo (Covalente ou Iônica). O resultado final pode ser visualizado na Figura 4.9.



a) Totem de encaixe



b) Variação do totem de encaixe

Figura 4.7 – Totens de encaixe.



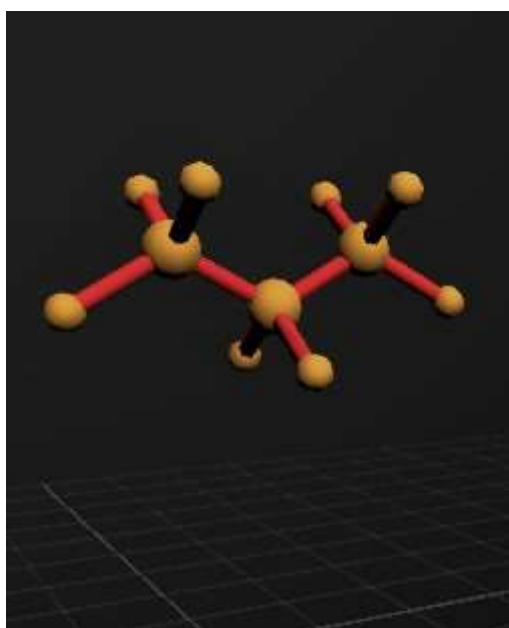
Figura 4.8 – Desafio de encaixe na abordagem de eletronegatividade.

Por final, a última abordagem busca explorar a visualização da geometria 3D de compostos moleculares, qual é um tópico, como abordado na seção 2.1.3, de importância e dificuldade entre os estudantes. Esta consiste no jogador encaixar um objeto 3D, qual apresenta a molécula do composto, em um totem cujo o painel informativo apresenta a estrutura de Lewis do composto. Embora a estrutura de Lewis possa não ser suficiente para representar a dispersão espacial 3D de todos os compostos, como os que possuem isomeria

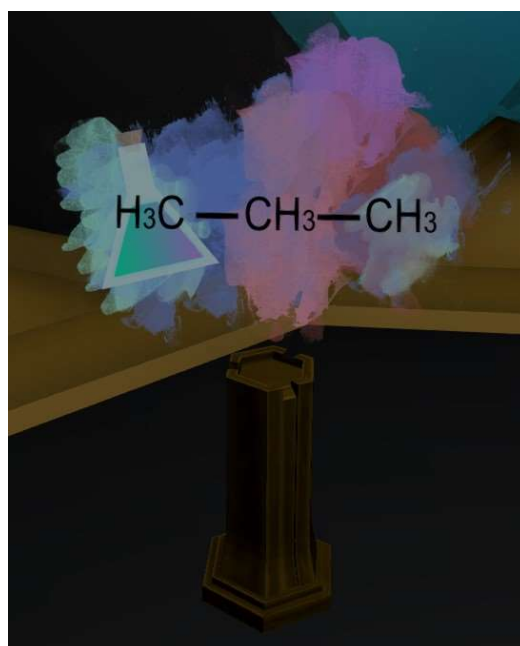
geométrica por exemplo, foi assegurado que fosse aos propostos pelo desafio. O resultado desta abordagem pode ser visualizado na Figura 4.10.



Figura 4.9 – Desafio de encaixe na abordagem de tipos de ligação.



a) Estrutura 3D de um composto



b) Totem de encaixe

Figura 4.10 – Desafio de encaixe na abordagem de geometria molecular.

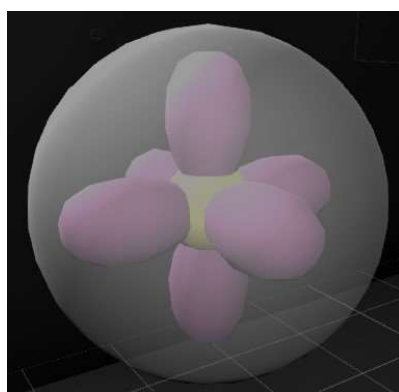
Como nem todos os jogadores estão habituados a controlar um avatar virtual, foi aplicada uma rotação sobre as estruturas 3D em seu eixo central, permitindo que o jogador visualize toda a estrutura sem necessitar que este ande ao seu redor com a finalidade de melhorar a suabilidade.

A configuração deste desafio é feita de forma estática por meio do editor do Unity e desta forma, não é possível, ainda, ter uma variação de exercícios como o de perguntas e respostas. A dificuldade do desafio de encaixe, na abordagem de geometria 3D, pode ser baseada na quantidade de estruturas dispostas ao usuário para cada totem de encaixe e também pela diferença entre as estruturas que não encaixam com a estrutura requisitada de forma a, quanto mais sutil é a diferença, mais complicado se torna o desafio.

4.1.2.3. *Impacto*

A análise das perguntas envolvendo modelos de dispersão permitiram estruturar o terceiro desafio. Este desafio consiste em duas estruturas principais: runas e objetos de impacto. Cada runa é um objeto que representa um modelo de dispersão, quais são abordados na seção 2.13, capacitado a soltar um encantamento. O objeto de impacto é um objeto alvo do encantamento, qual possui uma apresentação visual do modelo de dispersão. Desta forma, para completar o desafio, o jogador deverá selecionar uma runa, qual o modelo de dispersão corresponda ao modelo do objeto de impacto, mirar neste e atirar o encantamento de forma a acertá-lo.

Os objetos de impacto são esferas quase transparentes que contém em seu interior a apresentação do modelo de dispersão. As esferas alteram sua cor de vermelho para verde se acertadas pelo encantamento correto. A apresentação do modelo pode ser realizada de duas formas, sendo a primeira por um objeto 3D do modelo de dispersão explícito, como na Figura 4.11 (a) e a segunda apenas a fórmula molecular do composto, como mostra a Figura 4.11 (b). As apresentações variam em seu nível de dificuldade, sendo a primeira mais simples e a segunda mais trabalhosa, exigindo que o jogador estruture o modelo a partir da fórmula para então escolher o encantamento.



a) Representação do modelo explícito



b) Representação com a fórmula molecular

Figura 4.11 – Objetos de impacto.

As runas são dispostas à escolha por meio de uma tela de seleção disponível ao usuário no decorrer da fase e carregável pela tecla “R”. O resultado final da tela de seleção pode ser visualizado na Figura 4.12. Cada runa é apresentada por um símbolo de Runa, que embora não tenha ligação com o modelo, este serve para dar a ideia de runas reais. A associação da runa com um modelo de dispersão é realizado por um texto informativo abaixo de seu símbolo e a seleção se dá por meio do clique sobre a escolhida.



Figura 4.12 – Painel de seleção das runas.

Após a seleção da runa, é gerada uma mira, qual permite o jogador direcionar o encantamento ao objeto de impacto e, ao clicar com o botão esquerdo do mouse, lançar este. Também é disponibilizada ao usuário um painel informando qual runa está ativada. Só é permitido atirar o encantamento enquanto a runa está ativa e desta forma, ao desequipá-la pressionando a tecla “E”, a mira e o painel informativo da runa atual são desativados. A mira e o painel informativo podem ser visualizados na seção 4.1.5.

Todos os desafios foram desenvolvidos sobre duas estruturas principais, os activators e actuators. Estas estruturas serão melhor descritas na subseção seguinte.

4.1.2.4. Activators e Actuators

Para tornar um desafio funcional foram desenvolvidos dois componentes, um responsável por configurar e gerenciar o desafio (activator) e outro por executar ações, sobre o ambiente ou o jogador, de acordo com a resposta que o jogador (actuator). Estes componentes funcionam

de forma genérica, permitindo que diferentes desafios chamem diferentes ações em suas conclusões.

Os activators são acoplados aos objetos 3D que referenciam cada desafio e são responsáveis por definir quais interações do jogador com o objeto são possíveis e o comportamento para estas interações gerarão. Embora estes activators tenham comportamentos diferentes para cada desafio, eles têm em comum os métodos padronizados para processar a respostas, gerar a pontuação, e chamar seus respectivos efeitos sonoros e actuators à veracidade da resposta. Na plataforma, foram desenvolvidos os activators apresentados no Quadro 1.2.

Para elaborar um desafio, é necessário que o jogador seja incentivado a realizá-lo. Não é interessante à esta plataforma propor uma fase da qual o jogador consiga chegar ao seu final evitando os desafios. Assim, foram propostos os obstáculo físicos, de forma a permitir que o jogador ultrapassasse-os alterando o ambiente pelas ações dos actuators.

Embora os activators estão necessariamente ligados com actuators, os actuators não necessitam de um activator. Existem gatilhos, objetos invisíveis que são ativados quando em contato com o jogador, que executam actuators sem estarem diretamente envolvidos em um desafio. Um exemplo dos actuators aplicados a gatilhos são os de ponto salvo e os de tutoriais. Os actuators desenvolvidos e suas funções podem ser visualizados nos Quadro 1.3.

Tabela 4.2 - Activators.

Activator	Função
Pergunta e Resposta	Disponibilizar a tela com as perguntas e respostas e analisar a alternativa selecionada.
Encaixe	“Segurar” o objeto de encaixe no totem e por analisar se este é correto ao desafio proposto.
Impacto	Analisar o encantamento recebido.

Tabela 4.3 - Actuators.

Actuator	Função
Movimento	Alterar um objeto 3D do ambiente da fase de uma posição, rotação e escala para outra posição, rotação ou escala pré-definidos.
Rotação	Rotacionar um objeto em um eixo (X, Y ou Z) em uma velocidade pré-definida.
Portal	É responsável por analisar o encantamento recebido.
Tutorial	Carregar as telas de tutoriais.
Ponto Salvo	Gerar o ponto salvo atual do jogador.

Os desafios foram planejados para permitirem serem agrupados como um desafio maior de forma a, para solucionar um, é necessário solucionar todos. Para realizar este agrupamento, foi estruturado um mecanismo denominado meta-actuator. Embora não realize ações

diretamente com o ambiente, este mecanismo basicamente é responsável por conferir todos os desafios agrupados de forma, caso todos estes estejam completos e suas respostas corretas, são acionados os actuators responsáveis pela ação ao ambiente.

Tendo em mente que cada desafio tem suas peculiaridades e que o jogador pode não estar habituado a jogar e assim não entender como interagir com estes, foram desenvolvidos tutoriais, quais serão explicados na seção 4.1.4. Para carregar o tutorial foi desenvolvido um actuator com a função de disponibilizar a tela de tutorial ao jogador. Este actuator não necessita de um activator de desafio para ser carregado, basta que o jogador se aproxime do desafio, assim foi associado a um gatilho de actuators.

Com a definição e desenvolvimento de todos os desafios permitiu desenvolver o ambiente, já que para definir o fluxo de jogabilidade, é necessário conhecer os desafios e obstáculos em cada um dos ambientes. Assim, é possível organizar o ambiente para melhor encaixar os desafios e temática. O desenvolvimento das fases será abordado na seção seguinte.

4.1.3. Fases

Como definido na seção 4.1.1.1, cada fase será composta por um ambiente do qual remetesse às características do seu respectivo átomo. Foi necessário definir uma sequência de obstáculos e seus desafios para gerar um fluxo de jogavel da plataforma. O processo de definição da sequência foi desenvolvido analisando os aspectos: momento de embarque do jogador, grau de dinamicidade de cada desafio, a dificuldade crescente de uma fase à outra considerando a evolução nível do jogador (abordada na seção 2.2) qual tende a evoluir de uma fase à outra.

O fluxo de jogo desenvolvido em cada uma das fases será descrito nas subseções a seguir.

4.1.3.1. Minas Lewis

A primeira fase da plataforma tem um impacto muito grande sobre a motivação do jogador em querer continuar a jogar o jogo. Considerado o momento de embarque, buscou-se fornecer um ambiente do qual gradualmente o jogador pudesse entender os desafios e a como resolvê-los. Desta forma, os desafios na primeira fase foram mais simples e mais frequentes os de maior dinamicidade.

Cada nível da fase é, em jogo, uma sala diferente repleta de desafios. Cada sala é separada da próxima por um obstáculo na forma de uma porta fechada, qual só permitirá que o jogador prossiga se este resolver o desafio proposto. Mesmo que o jogador só precise responder o desafio da porta para poder abrí-la, foi garantido que obstáculos do ambiente não o permitisse seguir diretamente à porta sem resolver todos os desafios anteriores. Para as Minas de Lewis foram propostos quatro níveis diferentes.

O primeiro nível, como pode ser observado pela Figura 4.13, é composto por apenas um desafio de alavanca. Também foi disposto o tutorial do desafio para instruir o jogador quando este se aproximar. Buscou abordar apenas um desafio para estimular a facilidade em avançar para o próximo nível nos primeiros momentos de jogo.

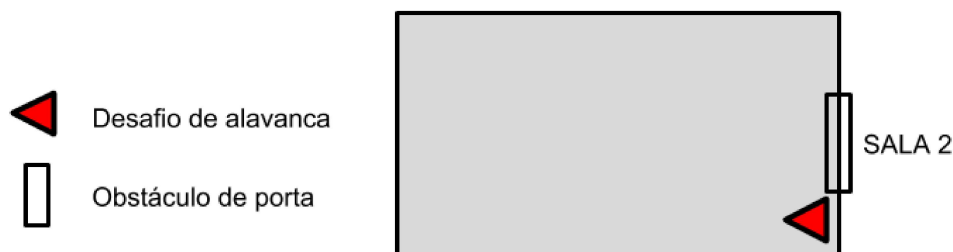


Figura 4.13 – Mapa do primeiro nível de Mina Lewis.

No segundo nível, como demonstrado na Figura 4.14, o jogador logo de entrada se depara com um obstáculo de grades e um desafio de tipos de ligação. Os totens de encaixe são dispostos logo a frente das grades para que o jogador pudesse associar que para prosseguir, é necessário resolver o desafio de encaixe. É disposto um tutorial, assim que o jogador se aproxima do desafio, explicando como este pode realizar as interações necessárias para pegar, encaixar ou soltar os objetos pegos.

Com as grades abaixadas, o jogador deverá ultrapassar um obstáculo de queda por meio de três plataformas presas ao teto com seus respectivos objetos de impacto. Todos os desafios de impacto do segundo nível utilizaram modelos de dispersão explícitos e é disponibilizado um tutorial no início do primeiro desafio de impacto. Após acertar os objetos, cada plataforma desce permitindo o jogador pular de uma a outra até atravessar ao final da sala, onde está a porta para o próximo nível e seu respectivo desafio de alavanca

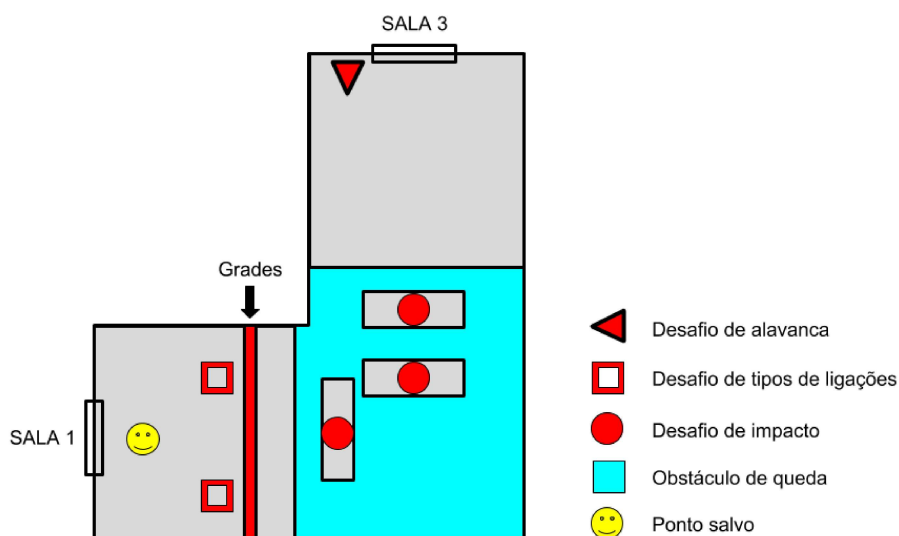


Figura 4.14 – Mapa do segundo nível de Mina Lewis.

O nível seguinte é composto em sua maioria por sequências de desafios de impacto.

Categorizados como uma abordagem mais dinâmica, nestas sequências buscou-se tornar a jogabilidade menos cansativa. Este nível, como pode ser observado na Figura 4.15, é composto pelos seguintes obstáculos:

- **Pontes Levadiças:** São escondidas pontes no precipício e, a partir do momento em que o jogador acerta o desafio, estas sobem por meio de um actuador de movimento até a posição que permita o jogador andar sobre elas para ultrapassar o obstáculo de queda;
- **Pontes Quebradas:** São dispostos ao jogador destroços de uma ponte, qual não permite o jogador atravessar. Ao resolver o desafio, a ponte é restaurada e o jogador poderá prosseguir sobre essa;
- **Destroços:** São colocados entulhos do teto quebrado a bloquear o caminho do jogador. Ao resolver o desafio, os entulhos retornam ao teto, restaurando-o e abrindo caminho à porta da sala 4.

Ao final do terceiro nível é apresentado por meio de seu tutorial, o desafio de isomeria. Este desafio permite o jogador seguir ao último nível.

O último nível, demonstrado na Figura 4.16, busca intercalar desafios de impacto e de isomeria plana, de forma a não tornar a jogabilidade cansativa e a aumentar a quantidade de desafios. Cada um dos quadrados sobre o obstáculo de queda são plataformas que imergem de um precipício, onde, a cada desafio de isomeria resolvido, são erguidas todas as plataformas até o próximo desafio de isomeria. As plataformas que contêm desafios de impacto são plataformas quebradas que podem ser restauradas com resolvendo seu desafio. Se uma plataforma quebrada também conter um desafio de isomeria, este só aparecerá quando a plataforma for restaurada.

Ao final dos desafios de isomeria é disposto um último desafio de alavanca da fase, este ergue uma ponte levadiça quebrada e o desafio de impacto responsável por restaurá-la. Após restaurada, o jogador poderá avançar para a plataforma onde encontra-se o átomo de carbono na forma de um diamante gigante.

O átomo, contudo, é protegido por grades e para conseguir abaixá-las é proposto um último desafio composto por quatro desafios menores. Os quatro desafios propostos são de encaixes de geometria de moléculas, onde há 4 estruturas de encaixe e cinco estruturas disponíveis ao jogador. O nível de dificuldade do desafio, embora composto por 4 encaixes, não foi planejado para dificultar e sim para demonstrar ao jogador a forma 3D das moléculas. Desta forma, foram apresentadas estruturas de Lewis quais as geometrias se comparadas entre si são bem diferentes, permitindo que o jogador encontre a solução rapidamente.

Solucionando o desafio, as grades do átomo final abaixam e o jogador poderá coletar o átomo se aproximando deste. Com o átomo coletado, o jogador é redirecionado à animação de conclusão do nível, uma tela qual permite que a fase seja reiniciada ou o jogador redirecionado ao menu principal. Com a conclusão pela primeira vez da Mina de Lewis, a fase de Aeris é liberada.

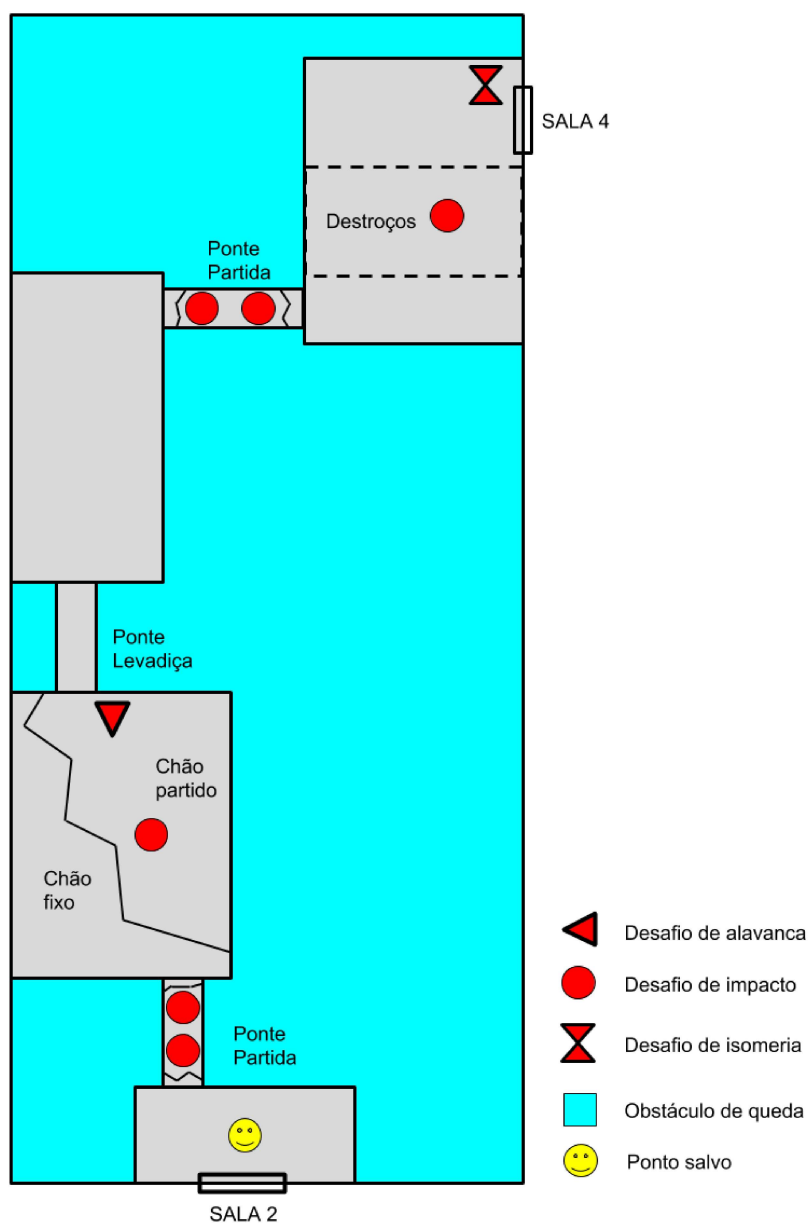


Figura 4.15 – Mapa do terceiro nível de Mina Lewis.

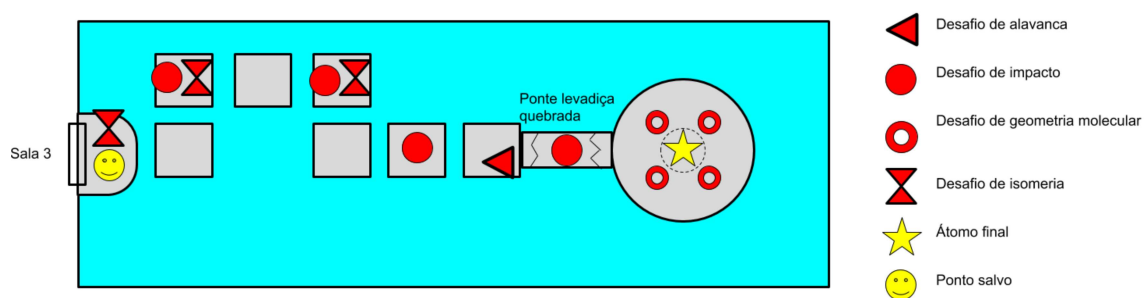


Figura 4.16 – Mapa do último nível de Mina Lewis.

4.1.3.2. Aeris

A segunda fase acontece em uma cidade voadora chamada Aeris, qual o jogador deve atravessar todos seus níveis para coletar o átomo de oxigênio representado por uma esfera flutuante com asas. São definidos 3 níveis, quais obedecem um fluxo não retornável de um para o anterior. Cada nível é um conjunto de plataformas voadoras interligadas por portais desativados.

Cada portal é ativado por meio de um desafio, como as portas da Mina Lewis, contudo, estes só são ativados em um sentido, não permitindo que o jogador retorne. A forma de um portal, pode ser observada na Figura 4.18 e para utilizá-lo, basta o jogador se posicionar ao centro e apertar F, se o portal estiver ativado permitirá que o jogador seja teletransportado para outro nível. O estado do portal como ativado é demonstrado por meio de partículas brilhantes que surgem em seu centro



Figura 4.17 – Objeto 3D do Portal.

Neste momento do fluxo de jogo, espera-se que o jogador tenha passado de aprendiz à resolvidor de problemas permitindo aumentar a dificuldade da plataforma. Este aumento é perceptível pela quantidade de desafios: três desafios de alavanca e dois de impacto e também pela abordagem dos desafios de impacto, quais utilizam a fórmula molecular como apresentação para o modelo de dispersão oque, como abordado na seção 4.1.2.3, torna o desafio mais trabalhoso. O aumento na dificuldade, contudo, não impossibilitou a plataforma de ser utilizada por jogadores aprendizes, já que os desafios continuam a requerer o mesmo nível de habilidade da fase anterior.

De maneira a tornar mais leve, o nível seguinte, qual pode ser visualizado na Figura 4.19, trouxe uma sequência de desafios mais dinâmicos, a maioria de encaixe, e uma divisão por plataformas em diferentes alturas. Para o jogador passar de uma plataforma mais baixa à uma mais alta, este deve ativar um ventilador gigante que o impulsionará para cima.

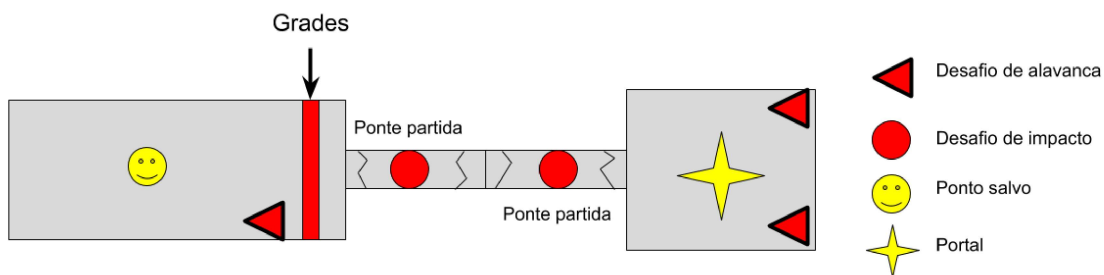


Figura 4.18 – Mapa do primeiro nível de Aeris.

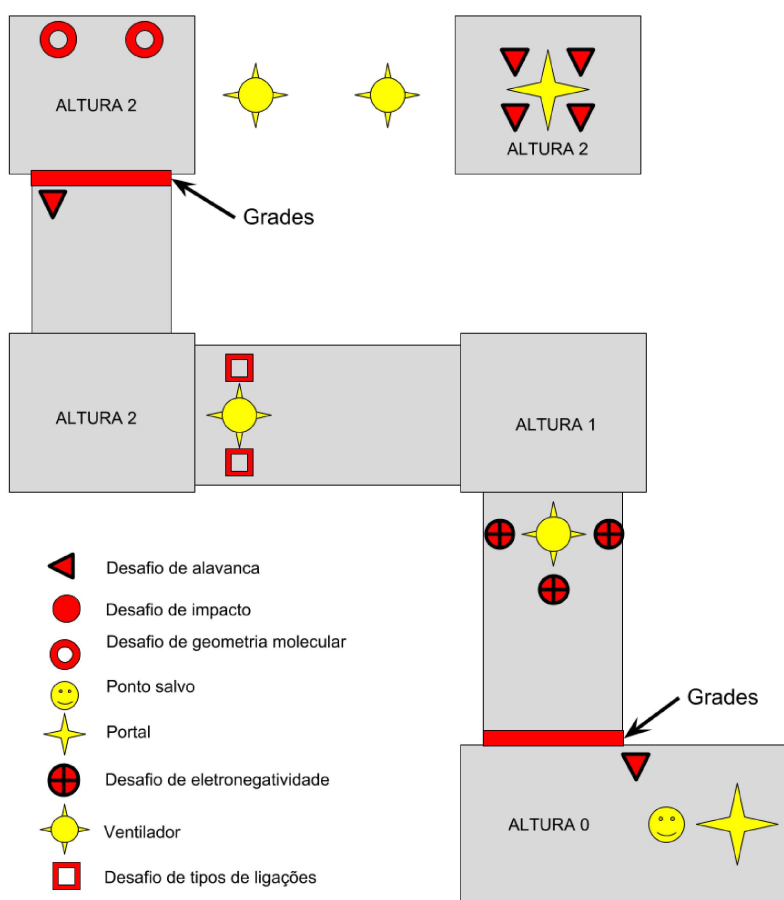


Figura 4.19 – Mapa do segundo nível de Aeris.

Cada ventilador do nível 2 é ativado por um conjunto de desafios ao seu redor, sendo o primeiro por desafios de eletronegatividade, o segundo por um desafio de tipos de ligações e os dois últimos pelo desafio de geometria molecular. Os últimos de geometria molecular não são dispostos de forma ao jogador passar para outro nível de altura e sim para permitir que este, impulsionado pelo “fluxo de vento” gerado, consiga atravessar o precipício e chegar até o portal. Sendo a última vez que os desafios de alavanca apareceriam no fluxo jogável, decidiu-se utilizá-los em maior quantidade. Assim, para ativar o portal, o jogador deverá responder os últimos quatro desafios de alavanca.

O último nível, qual pode ser visualizado na Figura 4.20, é dividido em duas partes por meio de duas pontes levadiças e grades. A primeira parte apresenta um desafio de rotação de uma placa utilizando dois desafios de isomeria. A placa rotatória, como pode ser visualizada na Figura 4.21, é um labirinto simples onde tem-se uma bola e uma posição de encaixe. Por meio da rotação desta placa, a bola deve descer, por gravidade, até seu encaixe e assim erguer as pontes levadiças e abaixar as grades. A rotação da placa é realizada pela conclusão correta dos desafios de isomeria, onde o desafio da esquerda rotaciona em sentido anti-horário e o da direita em sentido horário.

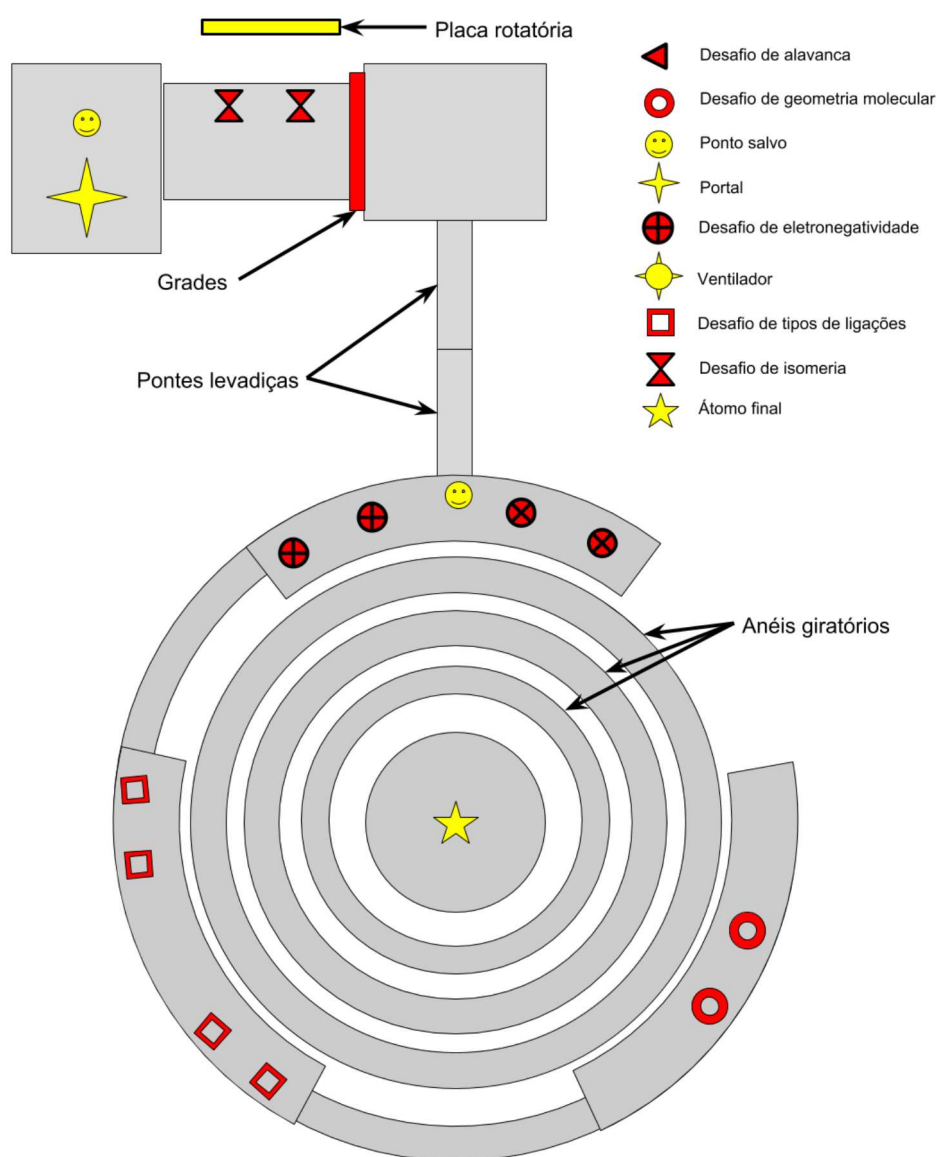


Figura 4.20 – Mapa do último nível de Aeris.

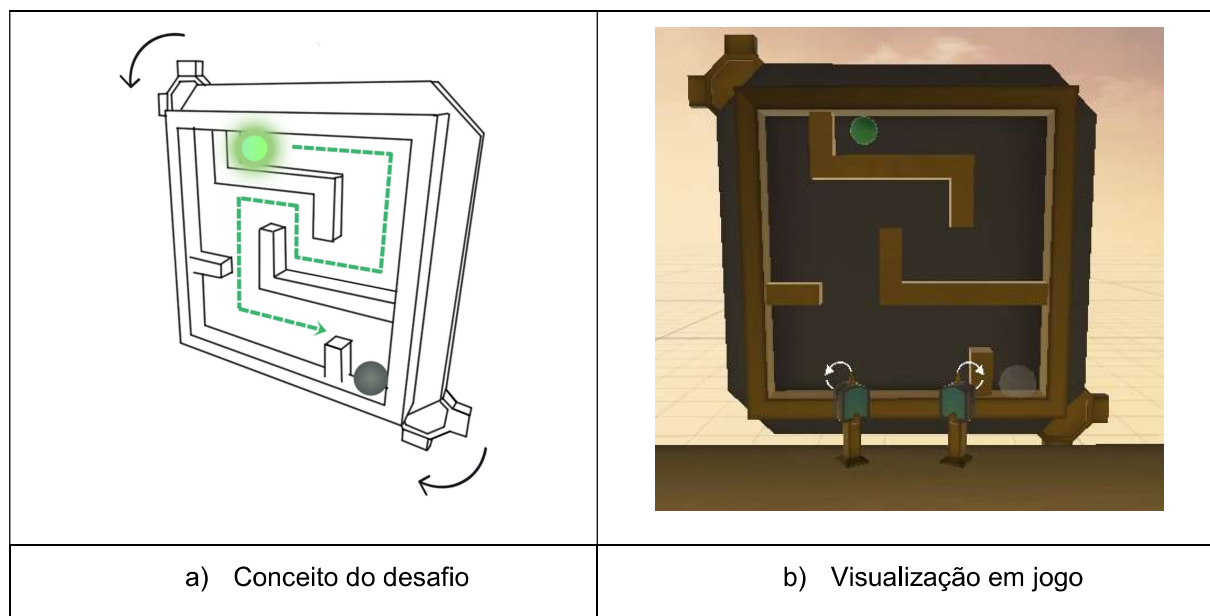


Figura 4.21 – Desafio da placa rotatória.

Por final, o último desafio foi apresentado ao jogador como um conjunto de três anéis giratórios. Cada anel gira em uma direção e necessita ser parado para que o jogador possa pular sobre estes e chegar até o átomo final localizado no centro. Assim, a paragem de cada anel é realizada solucionando um conjunto de desafios nas plataformas ao seu redor. De fora para dentro, os anéis são associados aos seguintes conjuntos: eletronegatividade, tipos de ligação e geometria geométrica. Com a coleta do átomo de oxigênio, o jogador é redirecionado à tela de final de fase, como nas Minas de Lewis.

Tendo os objetivos completos, é necessário finalizar a jornada do alquimista e assim foi disponibilizado, no menu de seleção de fases, uma opção para acessar a animação de conclusão do jogo. A animação é toda realizada em imagens bidimensionais, com falas por texto, música e tem como contexto, mostrar o alquimista desenvolvendo a poção e em seguida uma cena com a mãe do personagem curada. A animação é seguida por uma tela de créditos.

Com a descrição do fluxo de jogo das fases da plataforma, pode-se seguir aos aspectos técnicos de auxílio ao jogador aplicados na plataforma. A próxima seção abordará as telas de auxílio ao jogador.

4.1.4. Tutoriais

Um dos aspectos que pode gerar frustração ao jogador é o mal entendimento do funcionamento dos desafios e de como interagir com estes. Para evitar tal problema, foram desenvolvidas janelas de tutoriais para cada desafio e também sobre observações a estes que venham ser necessárias futuramente, tais como variações dos objetos de ativação dos desafios.

Os tutoriais de apresentação de desafios são compostos por uma breve explicação do desafio, quais os tópicos de química que serão contemplados, uma referência visual do desafio

e também os comandos de interação com seu respectivo objeto 3D. Um exemplo de tutorial é o de apresentação dos desafios de alavanca, qual pode ser observado na Figura 4.22.



Figura 4.22 – Tutorial de apresentação do desafio de alavanca .

As janelas de observação foram basicamente desenvolvidas para avisar o jogador que há variações na forma de apresentação de alguns desafios. Um dos exemplos deste tipo é o informativo de variação dos objetos de ativação do desafio de encaixe, qual pode ser visualizado na Figura 4.23.



Figura 4.23 – Janela de observação quanto à variação do desafio de encaixe.

Optou-se por não utilizar tutoriais nos anéis rotatórios no último nível da fase de Aeris devido a evolução do jogador. Durante todo o decorrer do jogo foi demonstrado ao jogador que é necessário resolver desafios para ultrapassar os obstáculos e assim, a presença dos desafios ao redor dos anéis automaticamente instigaria o jogador a respondê-los. Ao resolver todos os desafios e ter os três anéis parados restará, por intuição, se aproximar do átomo

pulando sobre os anéis.

4.1.5. Heads-up displays

Alguns dos recursos do jogo necessitam ser disponibilizados no decorrer da aplicação ao jogador, devido ao conhecimento destes ser de importância, como a quantidade de vidas e pontuação, ou para auxiliar a jogabilidade, como a mira auxiliar e o painel informativo da runa selecionada. Assim, foram desenvolvidos componentes de Heads-up Display (HUD), instrumentos que fornecem informações visuais ao jogador sem que este desvie seu foco de atenção. Para a plataforma foram desenvolvidas as seguintes HUDs:

- **Contador de pontuação:** apresenta a quantidade de pontos que o jogador tem em forma de numeração;
- **Contador de vidas:** apresenta a vida do jogador na forma de sequência de corações, onde cada unidade de coração corresponde a uma vida;
- **Mira auxiliar:** direciona o caminho em que o encamento seguirá;
- **Painel de runa ativa:** apresenta a runa selecionada pelo jogador enquanto estiver ativa;
- **Painel informativo:** é uma interface responsável por apontar informações ao jogador por um curto período de tempo, em forma de texto simples, com finalidade de instruir o jogador em situações pré-definidas. Exemplo da aplicação desta HUD é informar ao jogador quando um novo ponto salvo foi gerado ou para lembrar o jogador, ao se aproximar de um objeto, que para interagir com este basta pressionar “F”.

Os contadores são visíveis durante todo o decorrer do jogo. A mira auxiliar e o painel de runa apenas surgem ao usuário no momento que este ativa uma runa,

A organização dos recursos na tela do jogador pode ser observada na Figura 4.24. Apontada pelo Retângulo “A” na figura, a pontuação foi colocada no centro do topo de tela de forma a obter maior destaque. O contador de vidas e o painel de runa, marcados pelo Retângulo “B”, foram colocados no canto esquerdo superior de forma a não distraírem o jogador e mesmo assim serem facilmente consultados.

A mira deve acompanhar o movimento do jogador, de forma a sempre ser apresentada no centro da tela, como aponta o Retângulo “C” na Figura 4.24. A mira ao centro é um padrão de jogos em primeira pessoa que envolvam mira pois este facilita seu uso e embora possa tornar o campo de visão do jogador sobrecarregado, esta pode ser removida desequipando a runa.

O painel informativo é situado no centro inferior da tela, como apontado no Retângulo “D” na Figura 4.24, com uma fonte de tamanho chamativo, de maneira a tomar o foco da atenção do jogador pelo tempo necessário sem sobrecarregar o espaço de visão. Por ser uma mecânica utilizada com pouca frequência, o fato de desviar o foco de atenção por um curto período de tempo não prejudica a usabilidade da plataforma.

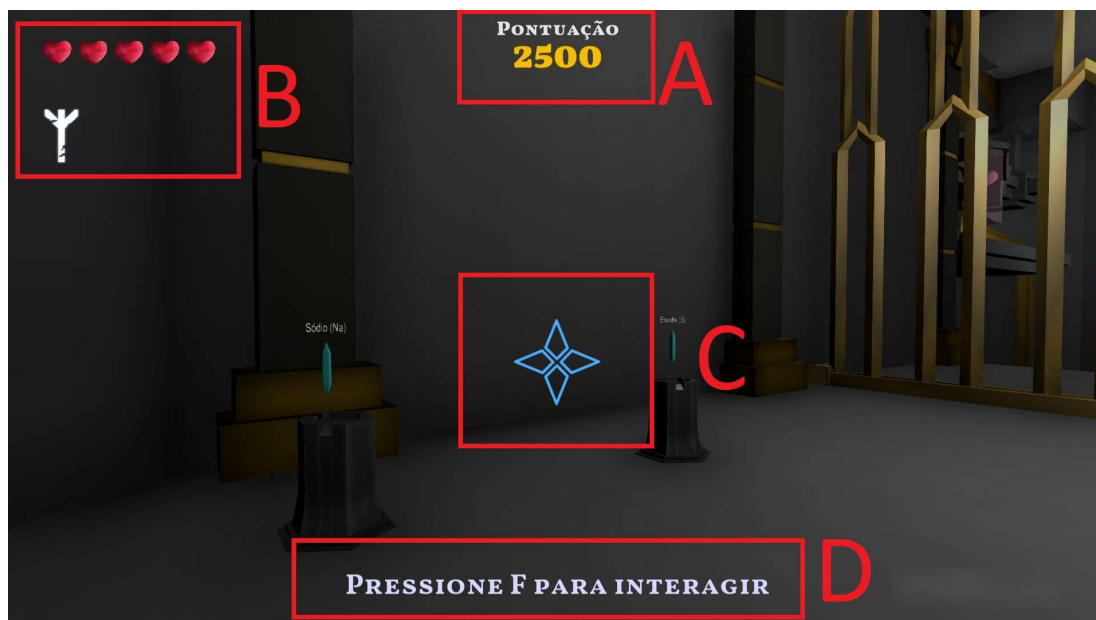


Figura 4.24 – Disposição das HUDs na visão do jogador

4.1.6. Menu

Uma das formas mais simples e utilizadas de navegação dos recursos de jogos é um menu. Desta forma, na plataforma foi desenvolvido um menu interativo com aspectos visuais que lembrassem o místico e fantástico e apresentando poucas opções para não sobrecarregar o usuário e tornar a navegação fluída.

A primeira tela disponibilizada ao usuário é o menu inicial, como pode ser visualizado na Figura 4.25. Esta tela permite ao jogador sair da plataforma, acessar aos recursos de conquistas do jogador ou à tela de seleção das fases. A tela de conquistas do jogador já foi abordada anteriormente e pode ser conferida na seção 4.1.1.5.

A tela de seleção de fases, como demonstrada na Figura 4.26, apresenta as fases disponíveis utilizando como identificação uma logo e seu respectivo nome. Abaixo de cada opção de fase é presente a pontuação máxima que o jogador adquiriu em partidas anteriores e, caso ainda não tenha realizado o desafio, o mostrador de pontuação será escondido. O jogador poderá selecionar as fases clicando sobre sua logo se esta estiver liberada, caso não esteja, o clique não surtirá efeito. A indisponibilidade da fase é indicada pela logo, qual nestes casos apresentará apenas os contornos de sua imagem, como na Figura 4.27. Cada fase só será liberada se a anterior já tiver sido completada.

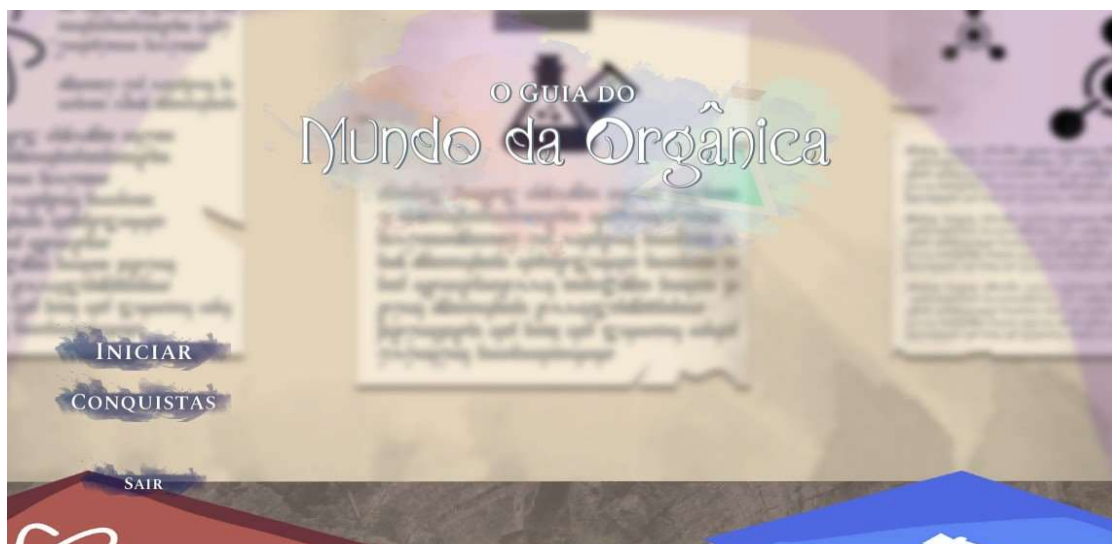


Figura 4.25 – Menu inicial.

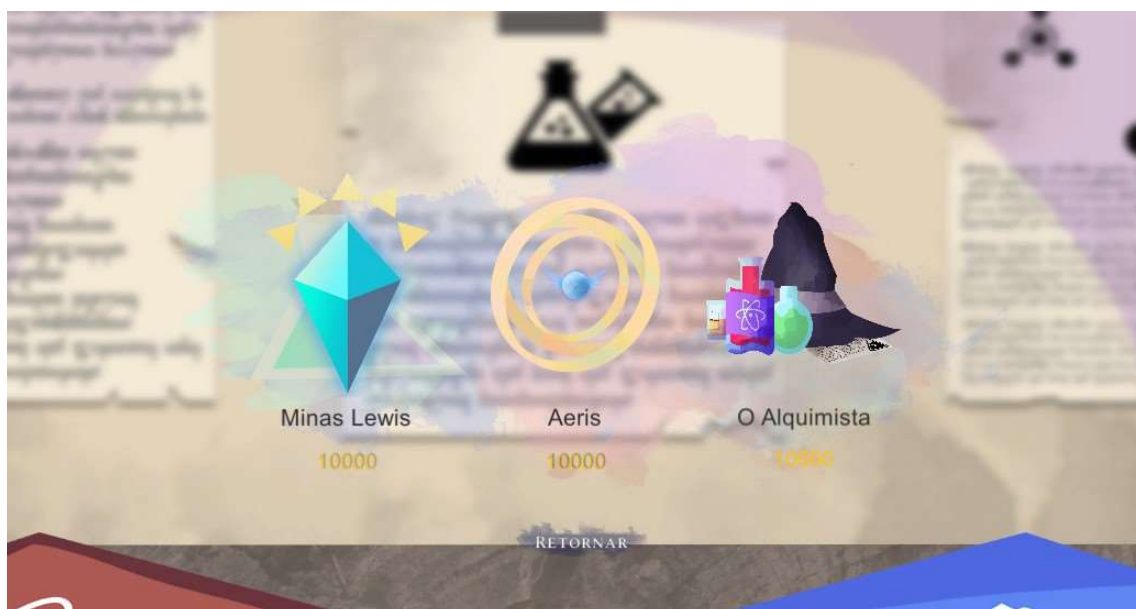


Figura 4.26 – Menu de seleção de fases.



Figura 4.27 – Indisponibilidade da fase de Aeris.

Embora todo o planejamento e desenvolvimento técnico foi abordado em sua versão final na plataforma, estes passaram diversas vezes por testes de usabilidade realizados como descritos na seção 3.3. No total das avaliações dos testes foram detectados erros de usabilidade, tais como má disposição de pontes, falta de pontos salvos, ajuste na posição de HUDs e em diversos recursos visuais.

Com todos os erros de usabilidade corrigidos, a plataforma foi analisada em um teste de usabilidade pelo professor de Química envolvido no planejamento. Com o consentimento deste, as aplicações foram iniciadas. Estas serão descritas no próximo capítulo.

Capítulo 5

Aplicação e Resultados

Neste Capítulo apresenta-se o processo de aplicação da plataforma e seus resultados, de forma a inicialmente ser descrita a amostra de voluntários utilizada para a aplicação e em sequência cada um dos aspectos analisados pelo métodos avaliativos, propostos na Seção 3.4.

5.1. Amostra

O estudo constou com a participação de 50 voluntários com uma média de 24 anos de idade, sendo o participante mais velho com 40 anos e o mais novo com 16. A aplicação engloba 10 sub-áreas de conhecimento definidas pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico Brasileiro, qual sua diversidade é apontada na Tabela 5.1. Nas sub-áreas abrangidas, é contabilizado um total de 20 participantes, das áreas de Química, Farmácia e algumas das Engenharias, que têm um maior envolvimento com conceitos de química em sua prática. Da amostra, 7 são professores atuantes nas áreas de Ciência da Computação, Química e Fisioterapia e são de grande importância à análise da visão do docente sobre a aplicação.

Tabela 5.1 – Sub-áreas de conhecimento dos participantes.

Sub-área	Participantes
Artes	3
Astronomia	1
Ciência da computação	13
Ciências sociais	2
Comunicação	1
Engenharias	10
Farmácia	1
Fisioterapia	1
Jornalismo	1
Química	14
Não definida	3

A diversidade da amostra também é presente nos níveis de escolaridade, definidos nas bases da educação brasileira, e hábito em jogar dos participantes. Como é apresentado na Tabela 5.2, a aplicação constou com uma maior participação de voluntários com ensino superior ou médio completos. Os participantes contemplam instituições de ensino situadas em 15 zonas diferentes, 12 no Brasil e 3 em Portugal. Quanto ao hábito de jogar, apontado na Tabela 5.3, o estudo abrangeou uma quantidade balanceada de hábitos, o que permitiu a análise sobre esta perspectiva.

A amostra também contém uma distinção entre os alunos referente à experiência com Serious Games. Como apontado na Tabela 5.4, uma quantidade significativa de participantes já tiveram experiência anterior com Serious Games no ensino, dos quais a maioria relatou ter tido uma boa experiência e o restante ter se sentido indiferente, sem nenhum dos relatos terem sido negativos.

Tabela 5.2 - Nível de escolaridade dos participantes.

Escolaridade	Participantes
Ensino Médio Incompleto	3
Ensino Médio Completo	19
Ensino Técnico	5
Ensino Superior Completo	14
Mestrado	6
Doutorado	3

Tabela 5.3 - Hábito de jogar dos participantes.

Hábito de jogar	Participantes
Muito	13
Médio	19
Pouco	18

Tabela 5.4 – Relato da experiência com Serious Games do Participante e de sua turma.

Experiência	Participante	Turmas
Boa	26	19
Indiferente	6	11
Ruim	0	1

A análise da aplicação da plataforma nos aspectos de sua influência lúdica e motivacional é dividida nas seções seguintes, de forma a cada um caracterizar um aspecto importante da plataforma e em seu contexto abranger as perspectivas definidas no Capítulo de Materiais e Métodos, Seção 3.4.

5.2. Experiência

A aplicação da ferramenta apresentou uma grande aprovação dos participantes. Quando questionados se gostaram do teste de conhecimento na forma de um Serious Game, 94% dos participantes afirmaram gostar da experiência, sendo os outros 6% apenas indiferentes a esta.

Mesmo aplicada fora do âmbito escolar, a ferramenta obteve uma ótima avaliação como ferramenta de diversificação das aulas. Quando questionados se a ferramenta seria uma boa solução para diversificar, apenas 1 dos 50 participantes não achou uma boa alternativa e tendo todos os professores participantes incluídos nos 49 que aprovaram.

No quesito lúdico, a plataforma obteve uma boa avaliação em seu desempenho. Como

apontado na Figura 5.1, a maioria dos participantes descreveram ter se divertido muito em sua experiência com a plataforma. Os 4% dos participantes que não se divertiram com a plataforma tiveram sérios problemas de usabilidade no primeiro desafio de runa, o que pode ter afetado gravemente a usabilidade da plataforma.

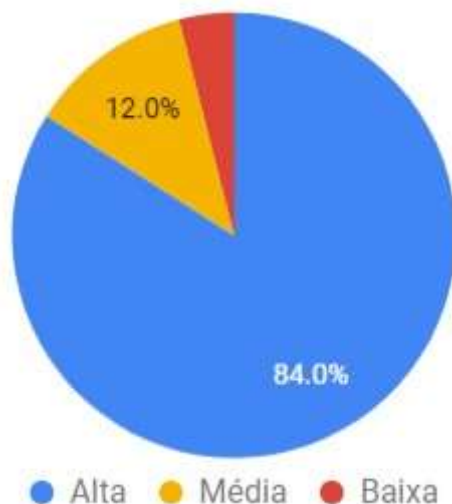


Figura 5.1 – Experiência lúdica da plataforma em termos gerais.

Os perfis que mais se divertiram com a aplicação foram os Assassinos, Aventureiros e Conquistadores, como apresenta a Tabela 5.5. Embora os socializadores não tiveram uma apreciação tão grande como os demais perfis, esta ainda está muito acima da média e teve um impacto muito positivo, em vista que a plataforma não tem recursos de socialização que favoreçam a experiência deste perfil. Também foi percebido que os jogadores que tiveram menor apreciação foram os que não se identificaram com o perfil de aventureiro, como demonstra a Tabela 5.5, qual é o perfil que está mais condicionado a se divertir explorando a plataforma como uma novidade.

Tabela 5.5 – Apreciação do quesito lúdico por perfil de jogador.

Perfil de Jogador	Apreciação
Assassino	90.38%
Aventureiro	92.65%
Conquistador	89.06%
Socializador	80.77%

A nível de hábito em jogar, os participantes que afirmaram estar mais habituados tiveram uma taxa maior de apreciação (84%) em relação aos menos habituados (75%) e como pode ser analisado nas Figuras 5.2 e 5.3, também obtiveram um maior índice de participantes que se divertiram com a aplicação. A facilidade em adaptar-se ao jogo, por já estar habituado a jogar, pode ter influenciado diretamente na usabilidade, permitindo jogadores mais habituados

resolverem os desafios com menor dificuldade.

Com base na análise da experiência anterior do jogador com Serious Games, percebeu-se que os participantes sem experiência apresentaram um bom aproveitamento da plataforma. Como pode-se observar na Tabela 5.6, estes participantes aprovaram a aplicação da plataforma como um teste de conhecimentos, a sua proposta para diversificar as aulas e o grau de ludicidade gerada pela experiência de jogar. Em relação aos participantes que já possuem experiência anterior, percebeu-se um aumento considerável entre a experiência anterior em relação a atual com a plataforma deste estudo, qual a comparação pode ser analisada nas Figuras 5.4 e 5.5.

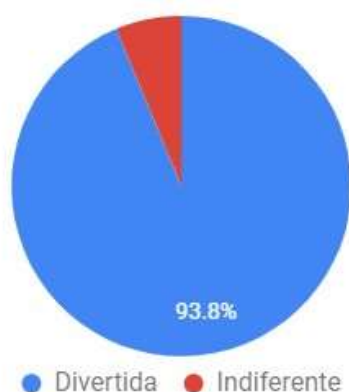


Figura 5.2 – Experiência no quesito lúdico em participantes com hábito de jogar.

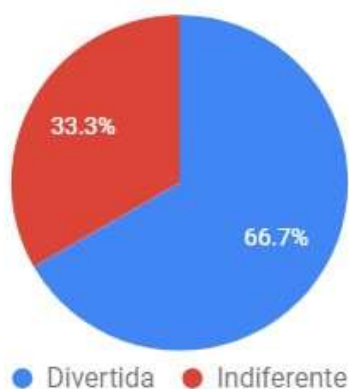


Figura 5.3 – Experiência no quesito lúdico em participantes sem hábito de jogar.

Tabela 5.6 – Apreciação da plataforma por participantes sem experiências em Serious Games.

Aspecto	Apreciação
Aprovação da aplicação	91.18%
Ludicidade	79.41%
Diversificação	94.12%

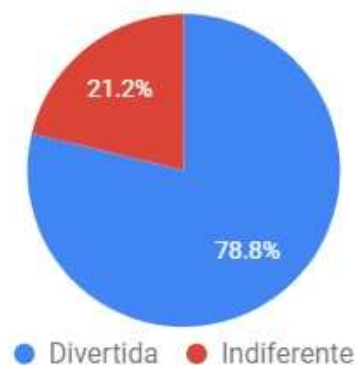


Figura 5.4 – Experiência anterior com Serious Games dos participantes experientes em Serious Games.

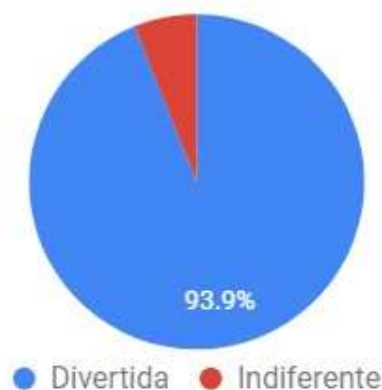


Figura 5.5 – Experiência com o Mundo da Orgânica nos participantes experientes em Serious Games.

5.3. Jogabilidade

A interação do jogador com a plataforma, também denominada jogabilidade, foi considerada boa pela maioria dos participantes, como aponta a Tabela 5.7, na qual nenhum dos participantes que a descreveram como indiferente, relataram a experiência não ter sido divertida. Com base na análise da jogabilidade na perspectiva do hábito de jogar, não são apresentadas diferenças significativas entre os perfis: os participantes não habituados obtiveram uma apreciação de 76% e os habituados de 78% e ambos se comportaram com muita semelhança no relato da jogabilidade, como apresenta a Figura 5.6.

Apesar de ter sido bem avaliada, a jogabilidade apresentou aspectos menos positivos em relação à conclusão do fluxo de jogo da plataforma. 9 dos participantes relataram que não conseguiram finalizar a plataforma. Por meio de conversas informais com todos os participantes da aplicação, foi possível estabelecer alguns fatores que podem influenciar a

experiência do jogador e contribuir para a desistência deste:

- Desempenho: a abordagem imersiva do jogo em um ambiente tridimensional, embora tenha sido elogiada por muitos participantes, demonstrou lentidão em muitos computadores. Caracterizado com um público alvo com uma diversidade imprevisível de recursos computacionais, este fator é de grande alerta para a aplicação;
- Conhecimento em química: como muitos participantes não tinham contado frequente com a química e aplicação trata-se de um teste de conhecimentos, este fator já era previsível;
- Momento de embarque: o primeiro desafio de runa tornou-se particularmente complicador devido ao mal posicionamento de uma das pontes levadiças, o que ocasionou frustração do jogador em cair diversas vezes no obstáculo de queda;
- Engajamento fora do contexto: a ferramenta foi utilizada fora de classe, sem estar aplicada, por exemplo, como uma atividade no decorrer da aula, assim, ao ter sua aplicação interrompida por distrações externas, os jogadores não eram motivados a retornar e terminar seus objetivos.

Tabela 5.6 – Jogabilidade da plataforma em termos gerais.

Jogabilidade	Participantes
Muito Boa	3
Boa	37
Indiferente	10



Figura 5.6 – Relatos da jogabilidade da plataforma na perspectiva de hábito em jogar.

5.4. Narrativa

O recurso da narrativa foi aprovado por 94% dos participantes, dos quais 76% afirmaram terem gostado muito de sua presença na plataforma. A nível de hábito de jogo, como aponta a Tabela 5.8, percebeu-se que os jogadores menos habituados apreciaram melhor o recurso, o que pode ser associado a menor exigência destes devido seu pouco costume com narrativas em jogos. Na análise da perspectiva do docente, a apreciação obteve um bom índice de 85%.

Tabela 5.7 – Aprovação da narrativa por hábito de jogo.

Aprovação	Habituaados	Não habituados
Gostei	71.88%	83.33%
Indiferente	18.75%	16.67%
Fraca	9.38%	0.00%

Entre os perfis de jogadores, os que melhor apreciaram a narrativa foram os Assassinos, Aventureiros e Conquistadores, conforme apresenta a Tabela 5.9. Embora os socializadores tenham tido uma menor apreciação em relação aos demais perfis, esta ainda foi muito positiva, visando que este perfil se sente mais motivado com a presença de interação social e a narrativa é de caráter solitário.

Tabela 5.8 – Apreciação da narrativa por perfil de jogador.

Perfil de Jogador	Apreciação
Assassino	88.46%
Aventureiro	89.71%
Conquistador	90.63%
Socializador	78.85%

O aspecto emocional da narrativa, na perspectiva de motivar o jogador a concluir os objetivos, obteve impacto em 68% dos participantes. No hábito de jogo, ambos os perfis obtiveram resultados semelhantes, como pode ser observado na Figura 5.7. Em análise ao perfil de jogador (Figura 5.8), todos obtiveram resultados positivos, com destaque dos aventureiros, que além de obterem uma ótima apreciação, foram os que mais se sentiram motivados com a narrativa.

5.5. Mecânicas

A mecânica de pontuação demonstrou influência em 90% dos participantes, quais afirmaram sentirem alguma ou muita motivação em obter uma boa pontuação. Todos os perfis obtiveram uma boa influencia motivacional do recurso de pontuação, com destaque dos

assassinos e conquistadores, que como pode ser analisado nas Tabelas 5.10 e 5.11, obtiveram as maiores quantidades de relatos com alta motivação e um maior grau de apreciação. Já os socializadores obtiveram o menor nível de motivação e apreciação da mecânica, embora esta tenha sido significativa por não ter características de socializador envolvidas.

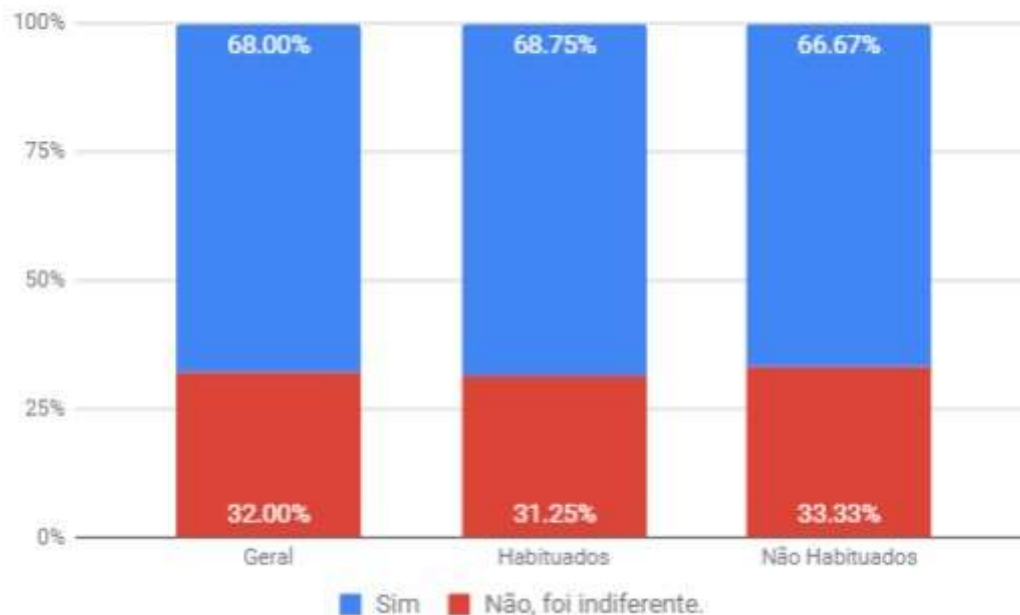


Figura 5.7 – Efeito motivacional da narrativa para conclusão dos objetivos na perspectiva de hábito em jogar.

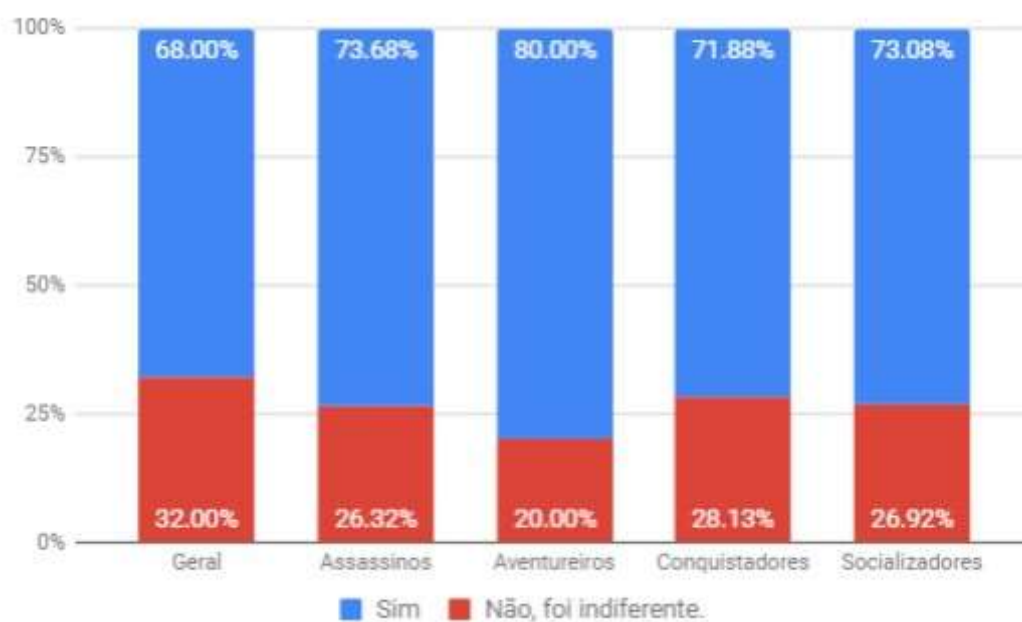


Figura 5.8 – Efeito motivacional da narrativa para conclusão dos objetivos nas perspectivas de perfis de jogador.

Tabela 5.9 – Nível de motivação na mecânica de pontuação por perfil de jogador.

Motivação	Assassinos	Aventureiros	Conquistadores	Socializadores
Alta	92.30%	82.35%	93.75%	69.23%
Média	0.00%	5.88%	6.25%	15.38%
Indiferente	7.70%	11.76%	0.00%	15.38%

Tabela 5.10 – Apreciação da mecânica de pontuação por perspectiva.

Perspectiva	Apreciação
Assassino	84.62%
Aventureiro	77.94%
Conquistador	85.94%
Socializador	67.31%

A mecânica de troféus apresentou influência positiva em 73.8% dos participantes. Os perfis que mais foram influenciados pela mecânica foram os aventureiros e conquistadores, quais possuem as maiores taxas de apreciação, como apresentado na tabela 5.12 e de relatos afirmando que foram muito motivados, na Tabela 5.13. Os perfis de assassino e socializador foram menos influenciados pelos troféus o que pode ser associado ao fato destes não serem naturalmente inclinados a se interessar por conquistas como os conquistadores e que nenhuma das disponibilizadas, envolviam objetivos com características de seus perfis.

Tabela 5.11 – Motivação da mecânica de troféus por perfil de jogador.

Perfil de jogador	Apreciação
Assassino	57.69%
Aventureiro	72.06%
Conquistador	71.67%
Socializador	59.62%

Percebeu-se que muitos dos participantes, não prestaram atenção no recurso de troféus, como pode ser observado na Figura 5.9 e 5.10, o que pode ter prejudicado o potencial da influência desta mecânica. Este fato é reforçado pelos 73% dos jogadores, em perspectiva geral, que afirmaram que voltariam a fazer as fases para coletar os troféus restantes.

Tabela 5.12 – Nível de motivação na mecânica de troféus por perfil de jogador.

Motivação	Assassinos	Aventureiros	Conquistadores	Socializadores
Alta	53.85%	70.59%	66.75%	38.46%
Média	30.77%	11.76%	13.33%	15.38%
Indiferente	15.38%	17.65%	20.00%	46.15%

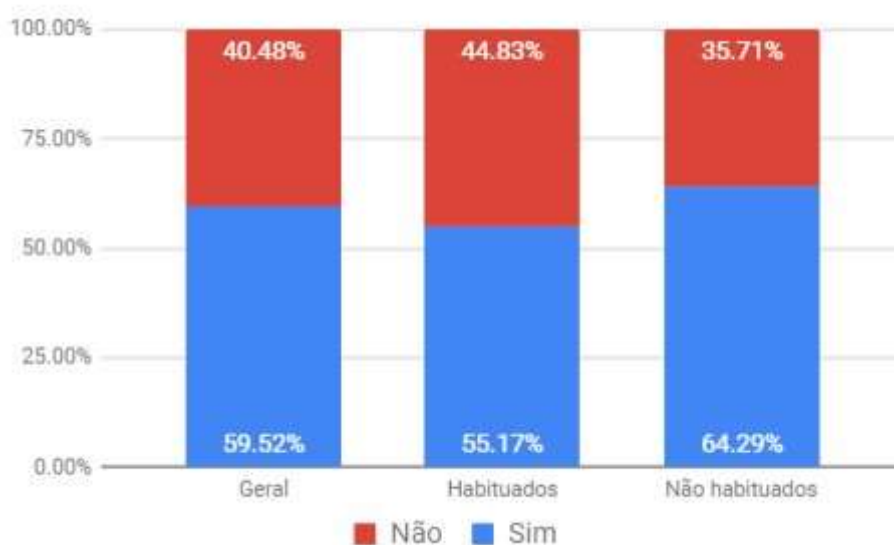


Figura 5.9 - Quantidade de participantes que prestaram ou não atenção nos troféus na perspectiva de hábito em jogar.

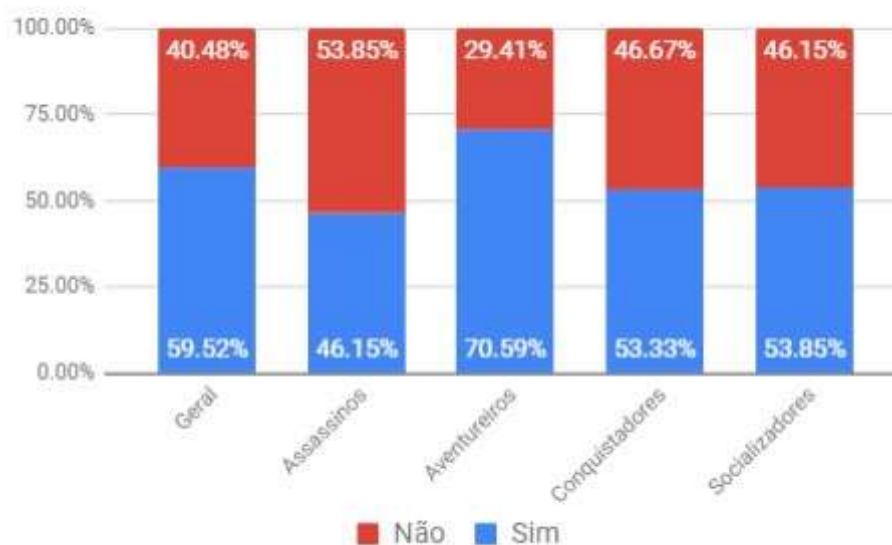


Figura 5.10 - Quantidade de participantes que prestaram ou não atenção nos troféus nas perspectivas de perfis de jogador.

A nível de perfil de jogador, os conquistadores tiveram uma menor motivação de retornar para às fases para coletar os demais troféus, como aponta a tabela 5.14. Desta forma, em análise conjunta aos participantes que não prestaram atenção na mecânica (Tabela 5.13), percebe-se que o perfil de conquistador, qual a mecânica deveria apresentar maior influência, está menos motivado do que o esperado, o que faz questionar se, apesar de ter tido uma boa aceitação nos demais perfis, os objetivos dos troféus propostos são desafiadores ao jogador.

Tabela 5.13 - Quantidade de participantes motivados a retornar à fase para conquistar os troféus por perfil de jogador.

Motivado	Assassinos	Aventureiros	Conquistadores	Socializadores
Sim	83.33%	81.48%	66.67%	81.82%
Não	16.67%	18.52%	33.33%	18.18%

5.6. Desafios

Em uma análise em relação à diversidade de desafios, constatou-se que 74% dos jogadores relataram que foi proposta uma boa quantidade de desafios, sendo que os demais 26% nenhum participante considerou pouca a quantidade desafios, apenas afirmaram aprovar de forma mediana e que gostariam de uma maior diversidade. A diversidade de desafios foi mais satisfatória nos jogadores não habituados ou com perfil de Assassinos ou Conquistadores, como apresenta a Figura 5.11 e 5.12 e menos satisfatória nos habituados a jogar. Nos habituados a jogar, o comportamento pode ser associado ao fato destes conhecerem mais desafios que os jogadores habituados e desta forma possuem um maior nível crítico.

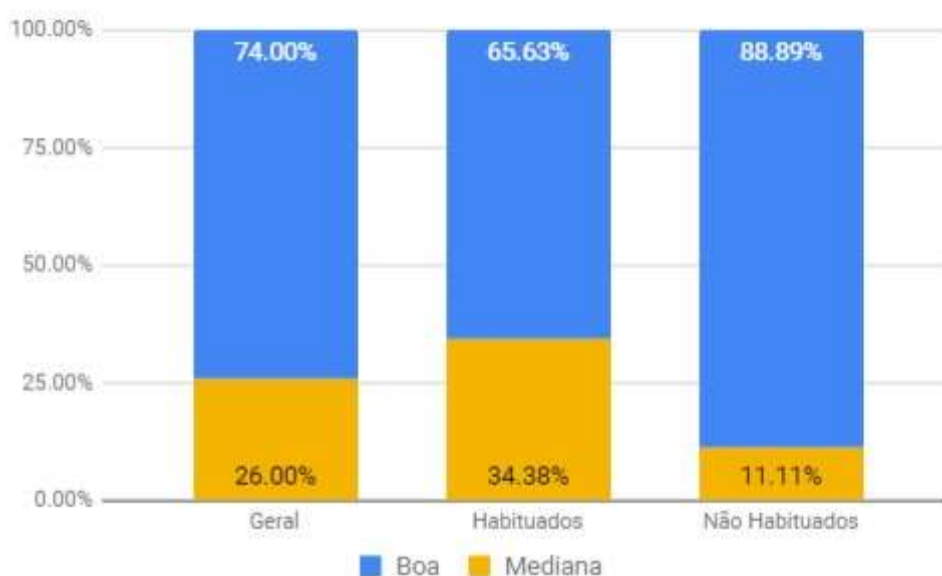


Figura 5.11 – Satisfação da diversidade dos desafios da plataforma por hábito de jogo.

Os desafios da plataforma, em uma perspectiva geral, apresentaram um ótimo efeito lúdico. Como apresentado na Tabela 5.15, todos os desafios foram avaliados na perspectiva geral com um bom grau de apreciação (superior a 75%) e, como apresentado na Tabela 5.16, considerados como divertidos por pelo menos 84% dos participantes em cada desafio. Embora com uma sutil diferença, percebeu-se que os desafios com um maior grau de dinamicidade (definidos Seção 3.4) tenderam a possuir um maior efeito lúdico.

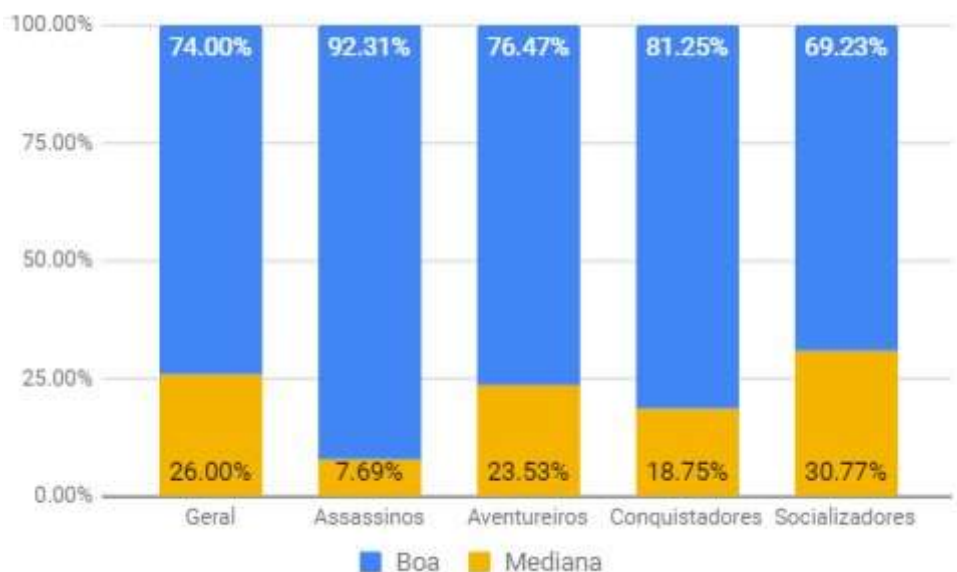


Figura 5.12 – Satisfação da diversidade dos desafios da plataforma por perfil de jogador.

Tabela 5.14 – Apreciação por desafio na perspectiva geral.

Desafio	Apreciação
Pergunta e Resposta	75.64%
Encaixe	85.26%
Runas	86.54%
Rotação	82.35%

Tabela 5.15 – Nível de ludicidade por desafio em perspectiva geral.

Ludicidade	DPR	Encaixe	Runas	Rotação
Divertido	84.62%	84.62%	89.74%	85.29%
Indiferente	5.13%	15.38%	7.69%	5.88%
Cansativo	10.26%	0.00%	2.56%	8.82%

Na perspectiva geral, os Desafios de Perguntas e Respostas (DPR) foram considerados os mais cansativos, menos apreciados, como apresentado nas Tabelas 5.15 e 5.16, e os menos apreciados nas perspectivas dos assassinos, socializadores ou dos habituados a jogar, como demonstrado na Tabela 5.17. Todavia, às perspectivas de aventureiros, conquistadores ou não habituados, este desafio foi bem apreciado, o que, aos não habituados a jogar, pode ser associado à facilidade de responder o desafio, uma vez que este não envolve muitos comandos de interação para ser resolvido.

A Incorporação do desafio de perguntas e respostas em outro desafio, neste caso o da rotação, obteve, em quase todas as perspectivas, uma avaliação melhor, do que as perguntas e respostas isoladas. No quesito apreciação, as perspectivas que obtiveram maior ganho de

apreciação no desafio de rotação foram os habituados a jogar e os aventureiros, como pode ser observado na Tabela 5.17, qual o ganho que pode ser associado ao aumento do grau de desafio. A incorporação do desafio, contudo, registrou uma perda de apreciação no perfil de conquistador, o que pode ser associado ao aumento de interações necessárias para resolver um único desafio, o que retem o jogador por mais tempo em relação à conquista do objetivo da fase.

Tabela 5.16 – Ganho de apreciação do uso do DPR aplicado no desafio de rotação.

Perspectiva	Apreciação DPR	Apreciação Rotação	Ganho
Habitados	71.74%	83.70%	11.96%
Não Habitados	81.25%	81.25%	0.00%
Assassinos	77.08%	83.33%	6.25%
Aventureiros	85.42%	97.92%	12.50%
Conquistadores	86.54%	84.62%	-1.92%
Socializadores	75.00%	81.82%	6.82%
Geral	75.64%	82.35%	6.71%

O desafio de encaixe obteve boa apreciação em todas as perspectivas, como aponta a Tabela 5.18 e foi o único desafio qual nenhum dos participantes relatou ter uma experiência cansativa, como pode ser observado na Figura 5.13 e 5.14. Os perfis de maior apreciação foram os assassinos e aventureiros, quais todos seus participantes relataram ter se divertido no desafio. Já a perspectiva sem hábito de jogo obteve os menores índices lúdicos e de apreciação, fato que, por meio de conversas informais, percebeu-se estar relacionado à dificuldade de adaptação em relação aos comandos de movimentação e interação, quais são de importância para a solução do desafio.

A abordagem de moléculas em sua forma 3D para testar o conhecimento sobre a dispersão espacial do participante, no desafio de Encaixe, foi considerada muito boa pela maioria dos participantes, como pode ser analisado na Tabela 5.19. O único participante, contabilizado como os 2.38% que consideraram a abordagem ruim, é um professor qual justificou-se afirmando que, devido à falta de distinção entre as cores dos átomos nos modelos 3D, tornou-se difícil identificá-los. Tal recomendação também foi realizada pelos demais professores de química envolvidos, embora estes não consideraram a falta da padronização um empecilho e consideraram a abordagem como muito boa.

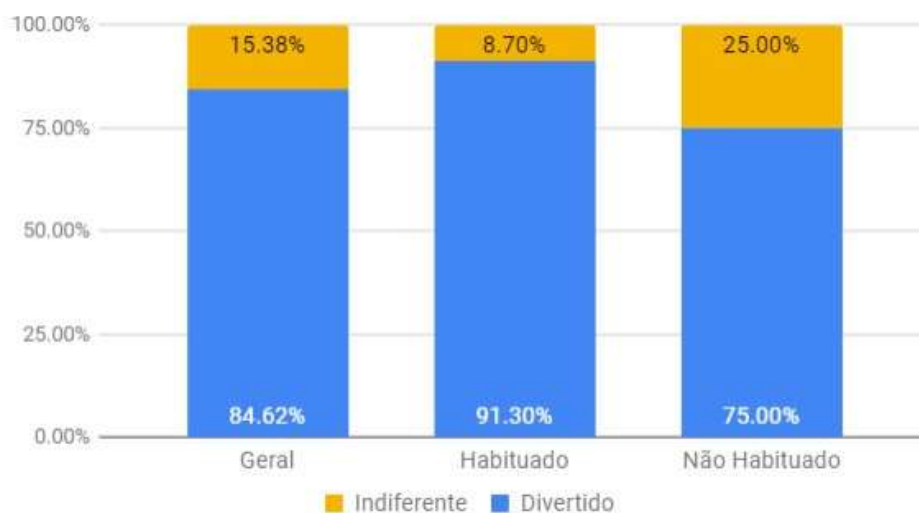


Figura 5.13 - Nível lúdico do desafio de encaixe na perspectiva de hábito em jogar.

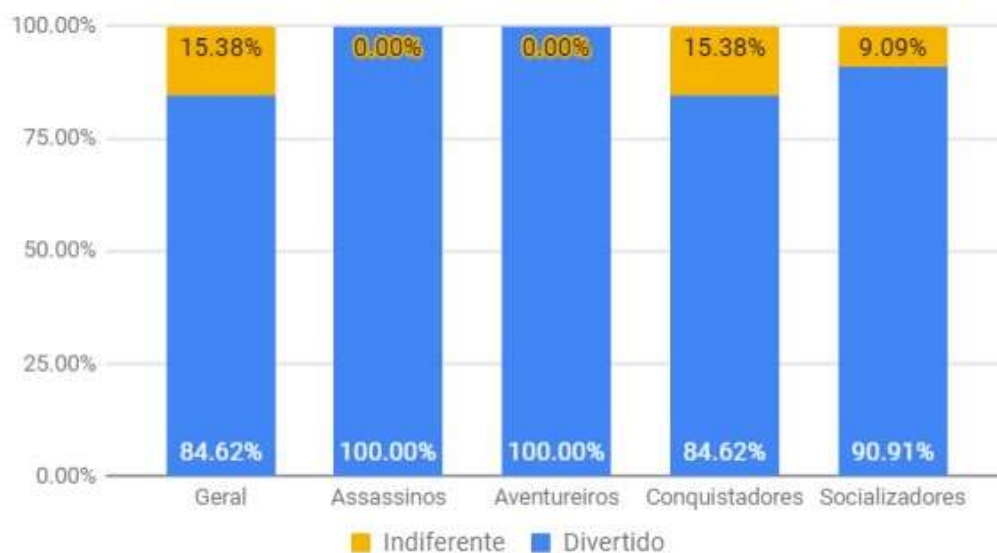


Figura 5.14 - Nível lúdico do desafio de encaixe nas perspectivas de perfis de jogador.

Tabela 5.17 – Apreciação do desafio de encaixe em cada perspectiva.

Perspectiva	Apreciação
Geral	85.26%
Habitados	86.96%
Não Habitados	82.81%
Assassinos	93.75%
Aventureiros	93.75%
Conquistadores	84.62%
Socializadores	90.91%
Média	88.29%

Tabela 5.18 – Aprovação em perspectiva geral do desafio de encaixe baseado em moléculas.

Aprovação	Participantes
Muito bom	88.10%
Indiferente	9.52%
Ruins	2.38%

O desafio de Runas obteve uma ótima apreciação e avaliação lúdica pelos participantes independentemente da perspectiva, como pode ser observados nas Tabelas 5.20 e 5.21. A diferença no nível lúdico do desafio em relação ao hábito de jogar pode ser associado à facilidade do jogador habituado a jogar em adaptar-se aos desafios devido sua experiência. Já a perfil de jogador, o desafio de Runas obteve a melhor apreciação e nível lúdico nos assassinos, fato que pode ser associado à semelhança da mecânica de lançar encantamentos à de tiro, qual é muito comum nos jogos apreciados pelo perfil. Aos conquistadores, a apreciação pode ser associada às poucas interações necessárias para solucionar o desafio e desta forma, ao baixo tempo de retenção do jogador, qual tem efeito inverso no desafio de rotação.

Tabela 5.19 – Apreciação do desafio de Runas em cada perspectiva.

Perspectiva	Apreciação
Geral	86.54%
Habituaados	89.13%
Não Habituaados	82.81%
Assassinos	91.67%
Aventureiros	95.83%
Conquistadores	88.46%
Socializadores	90.91%
Média	89.34%

Tabela 5.20 – Nível lúdico do desafio de Runas em cada perspectiva.

Runas	Divertido	Indiferente	Cansativo
Habituaados	95.65%	4.35%	0.00%
Não Habituaados	81.25%	12.50%	6.25%
Assassinos	100.00%	0.00%	0.00%
Aventureiros	100.00%	0.00%	0.00%
Conquistadores	92.31%	7.69%	0.00%
Socializadores	90.91%	9.09%	0.00%
Geral	89.74%	7.69%	2.56%

5.7. Aplicabilidade

As possibilidades de aplicações da plataforma foram analisadas em duas propostas aos participantes, sendo a primeira a utilização da ferramenta como método avaliativo. Esta proposta obteve uma aceitação de 88% dos participantes, quais afirmaram que gostaria de ter a ferramenta como metodologia avaliativa, incluindo 6 dos 7 professores. Dos 12% restantes, 6% afirmaram ser indiferentes a esta proposta, incluindo um professor, e os demais 6% não consideraram uma boa ideia.

A segunda proposta é a utilização de cada fase como uma atividade complementar ao ensino, de forma a ser aplicada durante ou após a aula. Esta proposta obteve uma aceitação de 100% dos participantes, dos quais 92% destes participantes afirmaram gostar muito da ideia, incluindo todos os docentes participantes, comportamento que foi refletido ao grande interesse e ânimo que os participantes demonstraram durante toda a aplicação. Os 8% restantes acharam uma boa ideia, contudo não se sentiram muito empolgados.

Em análise aos resultados da aplicação, é possível afirmar que a plataforma obteve um bom desempenho e influencia nos participantes com seu efeito lúdico e motivador, cumprindo com o objetivo da criação de uma ferramenta lúdica para realizar testes de conhecimento e diversificar as aulas de química. As conclusões deste trabalho, assim como as propostas de melhorias para a plataforma, quais foram identificadas no decorrer das aplicações e na análise de seus resultados, são descritas no capítulo seguinte.

Capítulo 6

Considerações Finais

Neste Capítulo apresenta-se as conclusões do estudo obtidas por meio da análise dos resultados da aplicação. Também são apresentadas as propostas para futuros trabalhos envolvendo melhorias e inclusão de novos recursos para as próximas versões da plataforma.

6.1. Conclusão

Nesta dissertação, foi apresentado o processo de planejamento e Game Design do “Mundo da Química”, uma plataforma para auxiliar o ensino em Química. Por meio de sua aplicação, conclui-se que esta foi aprovada como uma plataforma para auxiliar e diversificar o processo de aprendizagem em Química por meio de um teste de conhecimentos com elementos. Esta aprovação é baseada na avaliação positiva dos recursos, mecânicas e desafios da plataforma pela maioria dos participantes, independente de seu perfil de jogador, hábito em jogar ou se este é docente.

Além do desempenho lúdico e motivacional, por meio dos relatos informais dos participantes, percebeu-se que a plataforma também proporcionou melhorias ao conhecimento em química, não apenas o teste sobre estes. Os jogadores relataram que, por meio da experiência, foi possível identificar quais conteúdos de química tinham mais dificuldade, revisar conceitos já esquecidos ou aprender novos por meio da tentativa e erro.

A plataforma demonstrou um bom engajamento dos participantes. Com análise à quantidade de participantes que, mesmo não habituados a jogar ou sem muito conhecimento em química conseguiram desenvolver os objetivos da plataforma e concluí-la, é possível definir que esta incluiu bem os jogadores. A introdução dos desafios de forma gradual, como parte da inclusão do jogador, permitiu uma evolução de seu nível, de forma que, na última fase, não houve dificuldades relatadas pelos participantes em resolver as variações dos desafios propostos na primeira fase.

Apesar da abordagem imersiva de exploração de um ambiente 3D pela utilização de um avatar virtual, ter obtido bons comentários pelos participantes, esta apresentou um baixo desempenho. Devido à variedade do público alvo, é difícil assegurar que a disponibilidade de recursos computacionais garanta um bom desempenho da plataforma e desta forma, deve-se buscar otimizar ao máximo a plataforma ou buscar uma abordagem que demande menos desempenho computacional, tal como uma abordagem 2D. Uma abordagem 2D também facilita o domínio sobre os comandos de interação, o que pode facilitar o engajamento na plataforma.

A narrativa apresentou-se como um recurso agradável à plataforma. Sua presença foi bem apreciada e seu caráter emocional motivou uma quantidade significativa dos participantes. Baseando-se na ideia de que nenhum dos participantes relatou estar confuso em relação ao que fazer durante o fluxo do jogo, pode-se concluir que este recurso também demonstrou um bom desempenho para a definir objetivos do jogo.

Das mecânicas aplicadas à plataforma, tanto a de progressão (Pontuação) quanto a de conquista (Troféus), apresentaram influência motivacional positiva nos participantes. Com a utilização da pontuação, a maioria dos participantes foram estimulados a obter um bom desempenho nos desafios com o intuito de obter uma maior pontuação. A mecânica de troféus, apesar de também ter influenciado muitos dos participantes, não obteve muito impacto como a

pontuação devido à forma como foi abordada: um recurso sem presença ativa no fluxo de jogo, fato que a tornou pouco notável aos jogadores.

Todos os desafios propostos apresentaram um bom efeito lúdico, qual tornou-se maior à medida que estes se tornaram mais dinâmicos em suas interações com o jogador e também na forma com que foram adaptados ao jogo. Os desafios que em seu processo de Game Design buscaram ser incluídos na plataforma com aspecto mais semelhante a desafios de jogos de aventura, que a testes, tenderam a ter um melhor desempenho. Um exemplo do efeito desta semelhança é a comparação entre os desafios de perguntas e respostas, que são mais semelhantes às perguntas de testes, e o desafio de runas, qual também apresenta uma pergunta a ser respondida contudo é mais lúdico e fluído em jogo.

A incorporação de um desafio em outro, como no caso do de rotação, demonstrou ser um bom recurso para diversificar ou melhorar o desempenho lúdico de outro um desafio. Este recurso deve ser utilizado com cautela devido a sua capacidade de aumentar a quantidade de interações necessárias para resolver o desafio e desta forma, possibilitar promover o cansaço.

A análise do comportamento da plataforma em cada uma das perspectivas definidas para o estudo demonstrou ser um ótimo processo para estimar como cada recurso proposto se comportou nas variedades de seu público alvo. Por meio deste processo, tornou-se possível estimar quais componentes tiveram um bom desempenho e aos com pouco desempenho, a partir das características da perspectivas em análise, propor melhorias.

A aplicação da plataforma como uma método avaliativo ou atividade complementar foi bem aceita pelos participantes do estudo e especialmente na maioria dos professores. Em seu estado atual, a aplicação da plataforma como método avaliativo não é muito viável, devido aos poucos recursos de análise ao desempenho dos participantes. A inviabilidade pode ser superada por meio da inclusão de novos recursos, quais serão abordados na seção seguinte.

6.2. Futuros trabalhos

Com a análise do desempenho da plataforma foi possível propor melhorias e novos recursos a esta com objetivo de enriquecer e melhorar seu desempenho. Os futuros trabalhos propostos são:

1. Desenvolver novos troféus que sejam aplicáveis durante o fluxo de jogo com o objetivo de tornar a mecânica mais presente ao jogador;
2. Aplicar uma pontuação para cada troféu, de forma a incentivar a obtenção destes pelos participantes que naturalmente não são inclinados a se interessar por conquistas;
3. Aplicar conquistas ao desafio de rotação de forma a amenizar seu caráter cansativo;
4. Padronizar os modelos 3D dos compostos na plataforma com um padrão de cores para para átomos;
5. Permitir o acesso aos tutoriais de cada desafio durante a experiência do jogador,

- para que este possa consultá-lo não apenas uma vez;
6. Incluir a disponibilidade de uma tabela periódica ao jogador para auxiliar o desenvolvimento dos desafios de eletronegatividade e ligações;
 7. Desenvolvimento de opções para configurar a plataforma como metodologia avaliativa, de forma a possibilitar a obrigatoriedade dos desafios ou aplicar penalidades que não afetem o fluxo de jogo e mecânicas que tornem possível uma melhor distinção do desempenho do participante;
 8. Incluir um personagem que acompanhará o jogador em sua jornada, com o objetivo de tornar a narrativa menos solitária;
 9. Incluir um sistema multijogador cooperativo em rede, de forma a melhorar o desempenho lúdico aos participantes;
 10. Incluir quadros de líderes baseados em pontuação e troféus para estimular os jogadores do tipo socializadores e conquistadores;
 11. Desenvolver uma interface que facilite a inclusão de novas perguntas em cada desafio, de forma a plataforma personalizável;
 12. Desenvolver um recurso de relatórios sobre a experiência do jogador que permitam a análise de seu desempenho em relação aos conceitos químicos contemplados.

Utilizar um Serious Game como ferramenta para complementar o ensino demonstrou ser uma boa alternativa para motivar um indivíduo em seu processo de aprendizagem. Todos os participantes deste estudo demonstraram bastante ânimo com a ideia de um jogo para testar seus conhecimentos, com destaque nos participantes fora da área de química, que se prontificaram em participar do estudo, conscientes de que podem não ter um bom desempenho no teste.

A diversão é uma grande aliada para qualquer contexto de transformação e desta forma, espera-se que este estudo ajude a promover o desenvolvimento de mais Serious Games, que o processo de desenvolvimento possa ser utilizado como guia e que por meio da ferramenta desenvolvida, as aulas de Química sejam enriquecidas, de forma promoverem melhorias no processo de aprendizado.

Bibliografia

Alflen, R. A.; Lima, L. D.; Bussador, A.; Willemann, L. and Aikes Junior, J., “Desenvolvimento de uma Plataforma para Auxílio na Fisioterapia de Pacientes com Encefalopatia Crônica Não Progressiva da Infância – ECNPI”, *Revista Eletrônica Inovação e Tecnologia*, 2016, pp 28-37.

Amato, E. A., “Vers une instrumentalisation communicationnelle des jeux vidéo: quelles formes de séduction idéologique ou publicitaire?”, *Colloque International EUTIC 2007: Enjeux et Usages des TIC*, 2007.

Aparecida, M. B.; Antônio, L. C.; Ferreira, L. C.; Plucinski, C.; Steinbach, G. M.; de Sá Júnior, W. F. and Olguin, C. F. A., “Uma Proposta para Trabalhar Reações Orgânicas no Ensino Médio”, *Congresso Paranaense de Educação em Química*, 2009.

Belloti, F.; Kapralos, B.; Lee, K. Moreno-Ger P. and Berta, R., “Assessment in and of Serious Games: an Overview”, In *Advances in Human Interaction*, Vol. 2013, 2013.

Brown, T. L.; Lemay, H. J. and Bursten, B. E., “Química: Ciência Central”, Vol. 7, Rio de Janeiro: Prentice Hall, 1999.

Burguillo, J. C., “Using Game Theory and Competition-Based Learning to Stimulate Student Motivation and Performance”, *Computers and Educations*, Vol. 55, 2010, pp 566-575.

Cedran, J. d. C., “O Conceito de Estrutura dos Compostos Orgânicos: Uma Análise à Luz da Epistemologia de Gaston Bachelard”, *Universidade Estadual de Maringá*, 2015.

Chou, Y. –K., “Actionable Gamification: Beyond Points, Badges and Leaderboards”, *Createspace Independent Publishing Platform*, 2015.

De Quadros, A.; da Silva, D. C.; Pereira, A. F.; Aleme, H. G.; Oliveira, R. S. and De Freitas, S. G., “Ensinar a Aprender Química: A Percepção do Professores do Ensino Médio”, *Teaching and Learning Chemistry: Educar em Revista*, Vol. 40, 2011, pp 159-176.

Giasolli, V.; Giasolli, M.; Giasolli, R. and Girasoli, A., “Serious Gaming – Teaching Science Using Games”, *Microscopy and Microanalysis*, Vol 12, 2006.

Hunicke, R.; Leblanc, M. and Zubek, R., “MDA: A Formal Approach to Game Design and Game Research”, *Workshop on Challenges in Game AI*, 2004, pp 1-4.

Kapp, K. M., “The Gamification of Learning and Instruction: Game-Based Methods on Strategies for Training and Education”, *Pfeiffer Company*, 2012.

Kim, B.; Park, H. and Baek, Y., “Not Just Fun, But Serious Strategies: Using Meta-Cognitive Strategies in Game-Based Learning”, *Computers and Education*, Elsevier Ltd, Vol. 4, 2009, pp

800-810.

Laranjeira, E.; Oliveira, D. F.; de Sousa, A. A. P. and de Lima, V. E., "Dificuldade e Aprendizagem no Ensino de Química", Congresso Nacional de Educação, 2014.

Leal, S. C.; Leal, J. P.; Faustino, M. A. F. and Silva, A. M. S., "A Química Orgânica no Ensino Secundário: A Percepção dos Alunos", Boletim da Sociedade Portuguesa, 2011.

Lee, J. J. J. And Hammer, J. "Gamification in Education: What, How, Why Bother?" Academic Exchange Quarterly, Vol. 15, 2011, pp 1-5.

Lima, E. C.; Mariano, D. G.; Pavan, F. M.; Lima, A. A. and Arçari, D. P., "Uso de Jogos Lúdicos como Auxílio para o Ensino de Química", Revista Científica da UNISEPE, Vol. 3, 2011, pp 1-5.

Malone, T and Lepper, M. "Making Learning Fun – A Taxonomy of Intrinsic Motivations for Learning"; Aptitude, Learning, and Instruction: Cognitive and Affective Process Analyses; Vol. 3, Hillsdale, 1987.

Mouaheb, H.; Fahli, A.; Moussetad, M. and Eljamali, S., "The Serious Game: What Educational Benefits?", Procedia – Social and Behavioral Sciences, Vol. 46, 2012.

Nery, A. L. P.; Bruni, A. T.; Bianco, A. A. G.; Trambaiolli Neto, E.; Rodrigues, H.; Santana, K.; Bianco, P. A. G.; Liegel, R. M.; de Ávila, S. G.; Ydi, S. J.; Locatelli, S. W.; Aoki, V. L. M. and Lisboa, J. C. F., "Ser Protagonista – Química", Vol. 3, SM – Didáticos, 2014.

Paulozzi, M. G., "Aprendizagem na Contemporaneidade: Jogos Digitais no Novo Cenário em que Caminha o Ensino de Química", Universidade Estadual Paulista, 2015.

Santos, A. O.; Silva, R. P.; Andrade, D. and Lima, J. P. M., "Dificuldades e Motivações de Aprendizagem em Química de Alunos do Ensino Médio Investigadas em Ações do (PIBID/UFS/Química)", Scientia Plena, Vol. 9, 2013, pp 1-6.

Schell, J. "The Art of Game Design: A Book of Lenses", Morgan Kaufmann Publishers, 2013, pp 1689-1699.

Solomons, T. W. G. and Fryhle, C. B. "Química Orgânica", LTC, Vol. 1, 2012.

Vanzin, "Gamificação na Educação", Pimenta Cultural, 2014.

Werbach, K. and Hunter, D. "For the Win: How Game Thinking Can Revolution Your Business", Wharton Digital Press, 2012, pp 144.

Zichermann, G. and Cunningham, C., "Gamification By Design", John Wiley & Sons Inc, 2011.

Anexo I

Questionário da Aplicação

É o instrumento de coleta de dados qual foi utilizado para a realização da aplicação. Este questionário é dividido em duas partes, sendo a primeira o registro do voluntário, utilizada para identificar o participante voluntário da aplicação, seu perfil e as aspectos em cada uma das perspectivas utilizadas (citadas nos materiais e métodos). A segunda parte é o relato da experiência do participante, qual objetiva coletar os aspectos lúdicos e motivacionais (da usabilidade, dos desafios, mecânicas).

Registro do voluntário

Este questionário tem como finalidade traçar o perfil de jogador do voluntário

* Required

Termo *

Eu estou ciente e concordo que os dados, fornecidos neste formulário, sejam utilizados para o âmbito de validação da plataforma de auxílio ao ensino em química "Mundo da Química". Nenhuma informação pessoal será fornecida para ninguém e que todos os dados serão apresentados de maneira anônima.

☐ Aceito

Informações gerais

Nome completo *

Your answer

Idade *

Your answer

É professor? *

- ☐ Sim
- ☐ Não

Cidade / Estado *

Your answer

Qual é o seu grau de formação? *

- ☐ Ensino fundamental completo
- ☐ Ensino médio completo
- ☐ Ensino superior completo
- ☐ Ensino técnico
- ☐ Mestrado
- ☐ Doutorado

Área de formação *

Your answer

Com qual frequência você joga? *

- ☐ Não jogo
- ☐ Baixa frequência (jogos rápidos para distração e apenas alguns dias)
- ☐ Média frequência (Já sou acostumad@ a jogar)
- ☐ Ninja dos jogos (Jogo com muita frequência)
- ☐ Sou viciado em jogos e preciso me tratar

Perfil de jogador

Sou do tipo de jogador que gosta de jogar com os amigos em atividades que envolvem equipes *

	1	2	3	4	5	
Pouco social	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muito social

Sou do tipo de jogador que gosto de explorar ao máximo os jogos e descobrir desafios novos que nem todos os jogadores descobrem. *

	1	2	3	4	5	
Pouco aventureiro	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muito aventureiro

Sou do tipo de jogador que gosta de conquistar objetivos do jogo e me destacar na frente dos demais jogadores *

	1	2	3	4	5	
Pouco conquistador	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muito conquistador

Gosto de me sobressair sobre os demais jogadores. De derrotá-los e demonstrar meu poder sobre os demais. *

	1	2	3	4	5	
Pouco Agressivo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muito Agressivo

Jogos educativos

Você já teve alguma experiência com jogos educativos anteriormente? *

☐ Sim

☐ Não

Se tiver tido, como foi a experiência?

	1	2	3	4	5	
Regular	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muito boa!

Ainda se tiver tido, como a classe se comportou?

	1	2	3	4	5	
Normal	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Gostaram muito!

Você acredita que jogos são uma boa ferramenta para diversificar as aulas e as tornarem mais atrativas? *

☐ Sim

☐ Não

☐ Other: _____

Formulário Pós Aplicação

Termo

Eu estou ciente e concordo que os dados, fornecidos neste formulário, sejam utilizados para o âmbito de validação da plataforma de auxílio ao ensino em química "Mundo da Química". Nenhuma informação pessoal será fornecida para ninguém e que todos os dados serão apresentados de maneira anônima.

☐ Aceito

Dados da aplicação

O que você achou da aplicação?

	1	2	3	4	5	
Não gostei	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Gostei muito!

Você se divertiu?

	1	2	3	4	5	
Pouco	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muito

Você acredita que a plataforma seja uma boa ferramenta para diversificar as aulas?

	1	2	3	4	5	
Definitivamente, não.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Com certeza!

Como foi a jogabilidade?

	1	2	3	4	5	
Ruim	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Agradável

O que você achou da diversidade de desafios propostos?

- ☐ Foram poucos desafios
- ☐ Foi uma boa diversidade
- ☐ Foi ok mas poderiam ter mais

Você teve alguma dificuldade durante a aplicação?

Your answer

O que achou da narrativa (história do alquimista?) *

	1	2	3	4	5	
Indiferente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Gostei muito!

Você se sentiu que a história do alquimista, de alguma forma, o incentivou a chegar até o final? *

- ☐ Sim.
- ☐ Não, foi indiferente

Você se sentiu motivad@ em conseguir uma boa pontuação? *

	1	2	3	4	5	
Indiferente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muito motivado

Chegou a conferir os troféus recebidos alguma vez no jogo? *

- ☐ Sim
- ☐ Não

Se sentiu motivad@ em conseguir os troféus? *

	1	2	3	4	5	
Indiferente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muito motivado

Quais destes troféus, você conseguiu? *

- ☐ Explorador de Lewis
- ☐ Voando mais alto
- ☐ Mestre das Minas
- ☐ Mestre das alturas
- ☐ O Senhor Lewiniano
- ☐ O Senhor de Aeris
- ☐ Não prestei atenção para os troféus

Voltaria a jogar a mesma fase para pegar todos os troféus?

- ☐ Sim
- ☐ Não

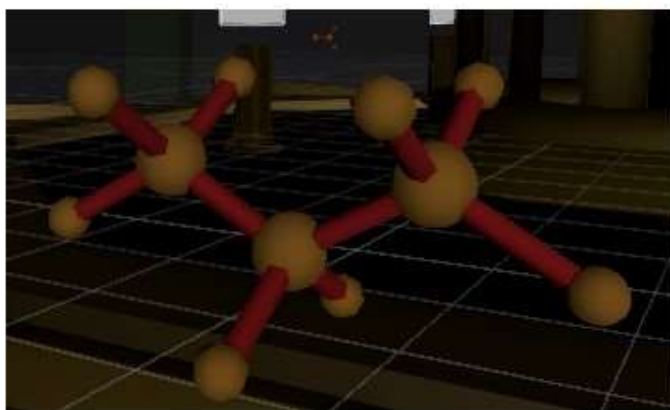
Qual a sua opinião se, ao invés de uma prova escrita, como de costume, fosse aplicado uma plataforma lúdica como metodologia avaliativa? *

- ☐ Gostaria
- ☐ Indiferente
- ☐ Não acho uma boa ideia..

E quanto às atividades para casa, o que você acharia se estas fossem aplicadas na forma de capítulos de um jogo?

	1	2	3	4	5	
Indiferente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Gostaria muito

O que você achou do desafios de estruturas 3D para o entendimento da geometria das moléculas? *

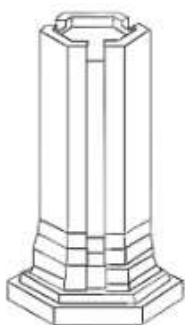


- ☐ Bons
- ☐ Indiferentes
- ☐ Ruins

O que você achou dos desafios de pergunta-resposta? *

	1	2	3	4	5	
Cansativo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Divertido

O que você achou dos desafios de encaixe dos cristais? *



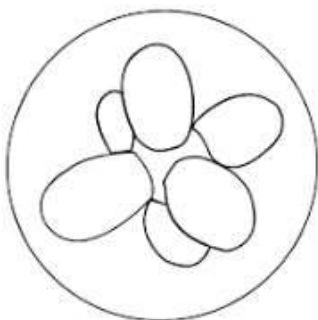
1 2 3 4 5

Cansativo

☐☐☐☐☐

Divertido

O que você achou dos desafios de runas? *



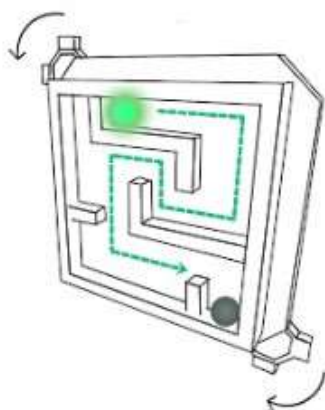
1 2 3 4 5

Cansativo

☐☐☐☐☐

Divertido

O que você achou do desafio com rotação? *



1 2 3 4 5

Cansativo

☐☐☐☐☐

Divertido

Alguma consideração final?

Your answer
